



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

APLIKACE DISKRÉTNÍ SIMULACE V OBLASTI PODPORY PROJEKTOVÁNÍ DOPRAVNÍKOVÉ TECHNIKY

APPLICATION OF DISCRETE SIMULATION IN SUPPORT OF THE CONVEYOR
TECHNOLOGY DESIGN

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. ALEŠ PROKOP

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV ŠKOPÁN, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Ing. Aleš Prokop

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Konstrukce strojů a zařízení (2302T010)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Aplikace diskrétní simulace v oblasti podpory projektování dopravníkové techniky

v anglickém jazyce:

Application of discrete simulation in support of the conveyor technology design

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro podporu projektování dopravníkové techniky v podmínkách Škoda Auto, a.s. vytvořte diskrétní simulační model lakovny v Provozu Mladá Boleslav. Model bude obsahovat:

- verifikaci a validaci modelu
- ověření dosažitelnosti denní produkce při různých vstupních parametrech
- definování možných technických opatření, vedoucích ke zlepšení průchodnosti dopravníkového systému

Dále proveďte vyhodnocení zvoleného řešení s důrazem na dodržení věrnosti sekvence zakázek ve výrobě.

Cíle diplomové práce:

Vypracujte technickou zprávu obsahující:

- rešerši používané dopravníkové techniky v automobilovém průmyslu
- systémovou analýzu provozu lakovny ve firmě Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav
- vytvoření simulačního modelu lakovny
- vyhodnocení zvoleného řešení s důrazem na dodržení věrnosti sekvence zakázek ve výrobě
- případné další doplňky dle pokynů vedoucího diplomové práce

Seznam odborné literatury:

1. BIGOŠ, Peter; KISS, Imrich; RITÓK, Juraj. Materiálové toky a logistika: 1.vyd. Prešov : Vydavateľstvo Michala Vaška, 2002. 156 s. ISBN 80-7165-362-4
2. BIGOŠ, Peter; KISS, Imrich; RITÓK, Juraj; KASTELOVIČ, Eduard. Materiálové toky a logistika II. : Logistika výrobných a technických systémov. 1.vyd. Košice : TU v Košiciach, 2005. 193 s. ISBN 80-8073-263-9
3. VANĚČEK, Drahoš; KALÁB, Dalibor. Logistika (1. díl: Úvod, řízení zásob a skladování): 1. vyd. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2003. 146 s. ISBN 80-7040-652-6
4. SIMPRO – Benutzerhandbuch Version 2.4. Dortmund : SimulationsDienstleistungsZentrum (SDZ) GmbH, Januar 2004. 140 s.
5. SIMPRO – Handbuch zur Benutzung der Standardbibliothek Version 4.6.0. Dortmund : SimulationsDienstleistungsZentrum (SDZ) GmbH, Juni 2006. 388 s.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.


Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 9.12.2008

L.S.

Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

ANOTACE:

Diplomová práce se zabývá analýzou současného stavu lakovny M11A a M11B v Mladé Boleslavi a následné vytvoření simulačního modelu lakovny M11A ve firmě Škoda Auto a.s., pomocí kterého je ověřena dosažitelnost denní produkce při různých vstupních parametrech. Model lakovny M11A bude vytvořen v systému SimPro, který patří do skupiny programů pracujících s diskretní simulací. Vstupní parametry do modelu budou definovány v prostředí Excel. Na základě provedených experimentů bude možné provést podrobnou analýzu výsledků proběhlé simulace.

ANNOTATION:


This diploma thesis deals with analysis of current state of the paint shops M11A and M11B in Mladá Boleslav and following creation of the universal simulation model of the paint shop M11A in the company Škoda Auto a.s. by which availability of daily production in different input parameters will be verify. The model of the paint shop M11A will be created in system SimPro which comes under the programs working with discreet simulation. The model input parameters will be defined in the program Excel. According to these experiments will be possible realized a detailed analysis of results of the simulation.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Modelování, simulace, SimPro

KEY WORDS:

Modelling, simulation, SimPro

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PROKOP, A. *Aplikace diskrétní simulace v oblasti podpory projektování dopravníkové techniky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 70 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.


ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že je předložená diplomová práce původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 28. 5. 2009

.....

Podpis

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc., dále Ing. Jiřímu Štočkovi, Ph.D. a Ing. Vladimíru Karpetovi ze Škoda Auto a.s. za cenné rady a připomínky, které mi při zpracování diplomové práce poskytli.

OBSAH

Úvod	9
Cíl diplomové práce	10
2. Současný stav.....	11
2.1 Společnost Škoda Auto a.s.....	11
2.2 Tok informací ve Škoda Auto a.s.	11
2.3 Analýza karosérií ve Škoda Auto a.s. TPS štítek	12
2.4 Výroba karosérií Škoda Auto, Mladá Boleslav	12
2.5 Dopravníky používané v automobilovém průmyslu.....	14
2.5.1 Skidový dopravník.....	14
2.5.2 Závěsový dopravník.....	16
2.6 Diskrétní simulace	16
2.6.1 Simulační software SimPro	16
3 Teoretická východiska práce	18
3.1 Logistika	18
3.2 Materiálový tok.....	19
3.3 Rozdělení logistiky	19
3.4 Koncepty pro řízení výroby	20
3.4.1 JIT a JIS	20
3.4.2 Princip metody JIT a Kanban	21
3.4.3 MRP	22
3.4.4 TQM.....	23
3.4.5 TOC	23
3.5 Outsourcing v logistice	24
3.5.1 Stav outsourcingu v logistice českých podniků.....	24
3.6 Trendy a strategie v logistice	25
3.7 Simulace.....	26
3.7.1 Definice simulace	26
3.7.2 Důvody proč simulovat.....	26
3.7.3 Možné přínosy simulace	27
3.7.4 Hlavní zásady simulace	27
3.7.5 Dělení simulačních modelů	27
3.7.6 Diskrétní simulace	28
3.7.7 Modelování	28
3.7.8 Rozdělení modelů	28
3.7.9 Etapy tvorby počítačové simulace	29
3.8 Omezení simulace	30
3.8.1 Přesnost rozhodovacích pravidel	31
3.8.2 Soft proměnné.....	31
3.8.3 Hranice modelu.....	31
3.9 Optimalizace	31
3.9.1 Omezení optimalizačních modelů	32
4 Praktická část práce	33
4.1 Základní informace o lakovně M11A, Mladá Boleslav.....	33
4.1.1 Zásobník před lakovnou.....	33
4.1.2 Hala M11A první patro – Lakovna základu	34
4.1.3 Popis operací M11A druhé patro	35

4.2 Základní informace o lakovně M11B, Mladá Boleslav	36
4.2.1 Sekvenční zásobník	37
4.2.2 Základní funkce sekvenčního zásobníku	38
4.2.3 Most na montáž.....	38
4.3 Tvorba simulačního modelu lakovny M11A	39
4.3.1 Modelový mix.....	39
4.3.2 Takty linek	39
4.3.3 Princip pohybu karosérií v systému.....	40
4.3.4 Oblasti sledování aktuální obsazenosti	40
4.3.5 Logika řízení v jednotlivých oblastech.....	41
4.3.6 Parametrizace simulačního modelu	41
4.3.7 Analýza výstupních dat ze simulačního modelu	42
4.3.8 Experimenty s modelem	46
Shrnutí výsledků	50
Závěr	52
Seznam použitých zdrojů	53
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	56
Seznam příloh.....	57
Přílohy.....	58

ÚVOD

Trendem současné doby je rychlost, která stále více ovlivňuje všechny oblasti života. Tento trend se samozřejmě projevuje i v oblastech výroby a logistiky, která se snaží přímo reagovat na přání a potřeby svých zákazníků – spotřebitelů.


Pouze schopnost pružně reagovat na rychle se měnící požadavky trhu může firmám (výrobním podnikům) pomoci zajistit si konkurenceschopnost vůči ostatním podnikům. Tato snaha ovšem vyžaduje nemalé úsilí i finanční prostředky, a tak je přirozeným cílem každého podniku tyto náklady minimalizovat. [1]

Účinným nástrojem, jak si bez rizika vyzkoušet (např. zamyšlenou změnu výrobních technologií s vynaložením minimálních nákladů), je možnost využití počítačové simulace. Simulací lze zkoumat složité systémy, napodobovat a sledovat deterministické, stochastické i dynamické vlastnosti jednotlivých procesů a předpovídat tak jejich chování.

Počítačová simulace má sama o sobě velmi vysoký potenciál využití. Dovoluje nám pochopit různé ukazatele výroby, vyhodnotit velké množství alternativních variant řešení a z nich následně vybrat tu nejoptimálnější. Umožňuje naleznout úzká místa výroby, vytíženost strojů a personálu. Dále pak je velmi zajímavým nástrojem pro řešení celé řady podnikových úloh. Počítačová simulace se nejčastěji prosazuje při návrhu, optimalizaci, zlepšování výrobních procesů a především je možné s její pomocí prověřit různé varianty řešení, minimalizovat rizika (najít úzká a problémová místa) a také odstranit zbytečné předimenzování systému.

Obecně lze tedy přínosy simulace spatřovat v predikci budoucích stavů – jak z dlouhodobého, tak krátkodobého hlediska, je vytvářena podpora pro rozhodování vedoucího k optimální struktuře reálného systému, což vede ke zlepšení některého, nebo i více zpravidla proti sobě stojících faktorů: času (například zkrácení průběžných dob), výkonu (například dosažení požadované produkce), nákladů (hospodárné využití zdrojů). [2]

Schopnost efektivního řízení změn procesů je jedním z klíčových faktorů úspěchu nejen v automobilovém průmyslu a využívání počítačové simulace, ale stává se pro mnohé naše podniky nutností, neboť pouhé analytické řešení v dnešní dynamické době málokdy zcela odpovídá tvrdým tržním požadavkům.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je provést systémovou analýzu současného stavu výrobní haly lakovny M11A, M11B ve firmě Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav. Na základně této analýzy vybrat problémová místa a vytvořit simulační model lakovny, pomocí kterého budou ověřovány varianty optimálnějších řešení. Důraz je kladen na dosažitelnost denní produkce a dodržení věrnosti sekvence zakázek ve výrobě.



2. SOUČASNÝ STAV

2.1 Společnost Škoda Auto a.s.

Škoda Auto a.s. je největší český výrobce automobilů sídlící v Mladé Boleslavi. Navazuje na společnost Laurin & Klement, založenou roku 1895. Ta byla v letech 1925–1945 součástí koncernu Škoda, v letech 1945–1990 působila pod názvem AZNP Mladá Boleslav (stále však užívala značku Škoda) a od roku 1990 je pod názvem Škoda Auto součástí koncernu Volkswagen Group. [3]

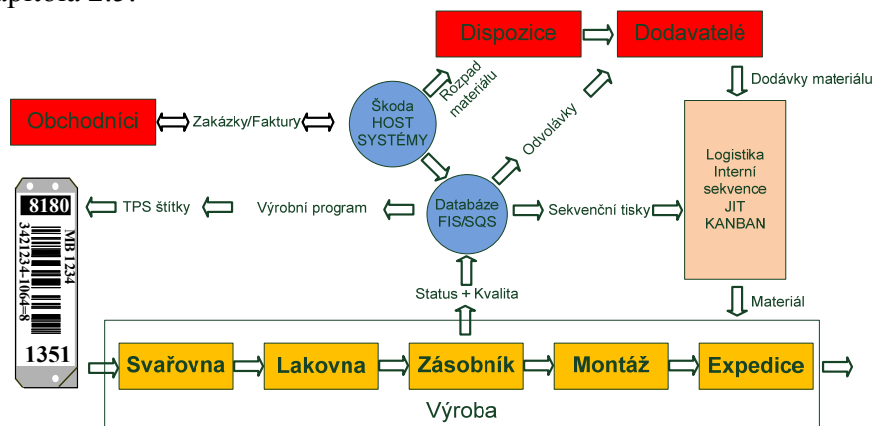
Volkswagen Group je jeden z největších světových automobilových koncernů, do něhož kromě jiných společností patří tyto automobilky: Volkswagen, Audi, Seat, Škoda Auto, Bentley, Bugatti a Lamborghini. Toto německé konsorcium se v posledních letech zaměřuje kromě jejich hlavního - evropského trhu, především na Čínu-Volkswagen Group China. V minulosti patřily do skupiny Volkswagen i značky: Auto Union, DKW, Horch, NSU a Wanderer. Většinovým vlastníkem Volkswagen Group je společnost Porsche. [4]



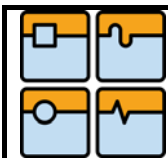
2.2 Tok informací ve Škoda Auto a.s.

Iniciací procesu objednávky je od obchodníka přes Škoda Host systémy objednávka na konkrétní vůz. Takto přijatá objednávka se předává ke zpracování do dalších systémů. Pro zajištění plynulého průchodu zakázky je potřeba mít včasný přísun potřebného materiálu. K tomu účelu se zjišťuje materiálová potřeba provedením materiálového rozpadu každé zakázky. Na základě toho se s dostatečným předstihem odvolává materiál od dodavatele a následně, díky zavedeným logistickým systémům Interní sekvence, JIT a KANBAN, je materiál včas dodán v určeném množství a čase do výroby.

V souladu s odvolávkami materiálu a sekvenčními je zakázka zaplánována do výrobního programu. V tomto okamžiku získává TPS štítek, pomocí kterého je možné sledovat průběh zakázky výrobním procesem od svařovny až po expedici. Na konci procesu je zakázka připravena k odběru. Samotnému procesu výroby tj. svařovny, lakovny a montáže je věnovaná kapitola 2.5.



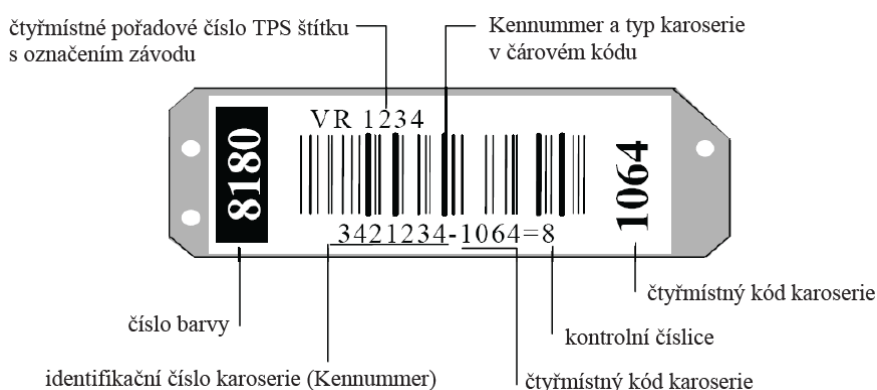
Obr.1, Schéma procesů [5]



2.3 Analýza karosérií ve Škoda Auto a.s. TPS štítek

K identifikaci karosérií ve výrobě se používá TPS štítek (Tages Produktion Schild; identifikační štítek karoserie). TPS štítek na Obr.2 je přinýtován na předním pravém podélníku na začátku svařovny při svaření zadní a přední podlahy. Od tohoto místa je vůz spojený se zakázkou. Identifikační číslo zakázky je zapsané v čárovém kódu a čitelné pomocí ručního nebo stacionárního scanneru. V případě nečitelnosti čárového kódu je identifikační číslo zadáno pracovníkem pomocí klávesnice, popř. z dispečinku na základě kamery monitorující TPS štítek. [2] [5] [6]

TPS štítek obsahuje identifikační číslo karoserie, informace o typu a barvě karoserie, pořadové číslo v sekvenci výrobního závodu s označením závodu.



Obr.2, TPS štítek [6]

Informace o průchodu karoserie přes čtecí zařízení je předána systému **FIS** (Fertigungs Informations und Steuerungssystem; výrobní, informační a řídicí systém). Tento systém je vyvinut VW pro řízení zakázek vozů v závodě (svařovna, lakovna, montáž). Jeho hlavním úkolem je řízení výroby (řízení zakázek, vytváření sekvencí zakázek pro výrobu) a informování o technických parametrech vozidla v jednotlivých etapách výroby (informace o stavu zakázky, specifikaci vozu, výrobě). [6]

2.4 Výroba karosérií Škoda Auto, Mladá Boleslav

Výrobu lze rozdělit do 4 základních etap. Nejprve probíhá nalisování dílů v lisovně z nastříhaných tabulí plechů ze svitků, dále svaření všech jednotlivých dílů do skeletu karoserie ve svařovně, poté projede karoserie lakovnou, kde je opatřena příslušným barevným odstínem a nakonec je karoserie smontována v montážní hale do konečné podoby zvolené zákazníkem. Výroba automobilů neprobíhá na sklad, zakázka od zákazníka je přímo zadána do výroby a zkompleťovaný vůz jde přímo k určenému zákazníkovi. Každý vyrobený vůz prochází sérií speciálně vybraných testů kvality. [6]

Lisovna [5]

Na základě plánu výroby zabezpečí lisovna výrobu části dílů karoserie všech modelových řad jako např. střecha, kapota, postranice, dveře, zadní víko. Další část výlisků potřebných pro výrobu karoserie je zabezpečena dodávkami z koncernů a od dodavatelů. Vlastní proces lisování je monitorován systémem SQS, který umožňuje sledovat tok hutního materiálu v lisovně od vstupu do provozu až po výstup do svařovny, zpracovávat a vyhodnocovat výsledky, přenášet informace a identifikovat materiál.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Celkem ve všech lisovnách je 14 lisovacích linek a 2 nástřihové linky. Lisování výlisků probíhá v lisovacích linkách z výchozího materiálu, kterým je ocelový nebo pozinkovaný plech v tabulích.

Svařovna [5]

Denní zadávání do výroby karoserií je prováděno na základě vytvořené sekvence zakázek prostřednictvím počítačového systému řízení výroby FIS.

Ve svařovně se vyrábí kompletní karoserie vozů. Karoserie se vyrábí v provedení limuzina a combi. Každá linka má stanoven svůj takt (taktem rozumíme dobu, za kterou karoserie projede jednou pozicí). Takt jednotlivých linek se může měnit podle potřeb dispečinku řízení výroby, který jej stanovuje podle plánu na daný den a měsíc. Na začátku svařování je karoserii přidělen „TPS“ štítek. Po jeho naskenování na I. lince svařovny je karoserii přidělen FIS status R100, což znamená odvolávku pro JIT (Just In Time) dodavatele na výrobu hlavního kabelového svazku pro daný vůz. Na konci svařovny je umístěn další skener, kde je vozu přidělen status R200.

Lakovna [5]

Svařovnou dodané karoserie procházejí jednotlivými fázemi lakování. Identifikace a sledovanost karoserie je zabezpečena TPS štítkem a kontrolní kartou. Dohled nad kvalitou laku a procesu je v rámci lakovny zabezpečen např. přejímkou lékařských materiálů, samokontrolou, QRK auditem výrobku a procesu, laboratorním měřením a sledováním parametrů procesu (např. teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, teplota v suškách apod.)

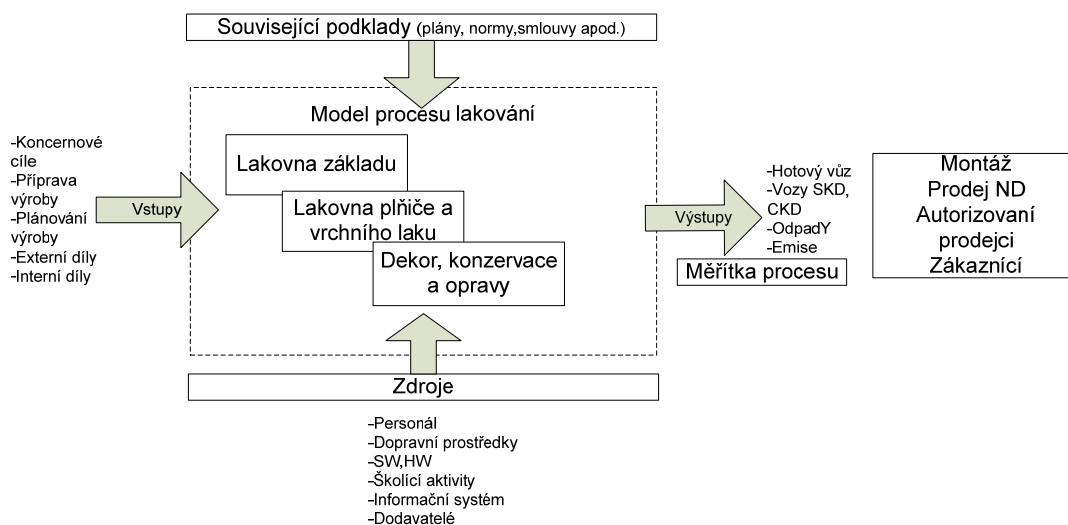
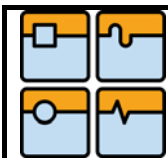
Podrobnějšímu popisu lakovny je věnována praktická část práce.

V současné době jsou v automobilovém průmyslu používány dvě základní technologie lakování, které se liší rozsahem a způsobem nanášení jednotlivých vrstev. První technologie je tzv. technologie vodou rozpustných barev, kterou používá koncern VW. Druhou metodou je tzv. prášková technologie, jejíž výhoda spočívá ve značné úspoře barevného prášku, který může být znovu použitelný, jestliže nedojde k jeho nanesení na povrch karoserie. Celá výrobní produkce je šetrná k životnímu prostředí a je užíváno technologie nástřiku vodou ředitelných barev a laků v několika vrstvách. V procesu lakování se nanášejí ochranné vrstvy, které jsou zobrazeny na Obr.3.

CC	Tloušťka vrstvy 35-45 μ m
BC	Tloušťka vrstvy 12-30 μ m
Plnič	Tloušťka vrstvy 30-40 μ m
KTL	Tloušťka vrstvy 18-25 μ m
Fosfát	Množství 2-8g/m ²
Pozink	Tloušťka vrstvy 7-12 μ m
Plech	Síla 0,7 – 2 mm

Obr.3, Vrstvy laku karoserie [5]

Všechny tyto vrstvy se aplikují na svařenou karoserii, která je vyrobena z pozinkovaného plechu, což umožňuje poskytovat desetiletou záruku proti prorozavění karoserie.



Obr.4, Procesní schéma lakovny [5]

Montáž [5]

Kompletace výrobků dle výlepu dále pokračuje na montážní lince, na kterou navazují linky předmontáže modulů (např. dveře, agregát, cockpit, frontend). Díly potřebné pro kompletaci vozu jsou zabezpečovány závodovou logistikou a JIT dodávkami od dodavatelů a jsou identifikovány např. závěskami, sekvenčními výlepy, KKV. Výstupním bodem z montážní linky je KB6, po kterém následují funkční zkoušky (např. zajišťující válce, geometrie, elektrika, jízdní zkouška). Průchod karoserie do provozu montáž je zaregistrován do systému FIS v evidenčním bodě M100. Z tohoto bodu JIT dodavatelům se vytiskne sekvenční odvolávka materiálu na základě, která připraví a dopraví materiál na montážní linku v sekvenci výroby vozů.

2.5 Dopravníky používané v automobilovém průmyslu [2]

V následujících podkapitolách je ve stručnosti popsána základní funkcionality jednotlivých typů dopravníkové techniky, která se nejčastěji vyskytuje v automobilovém průmyslu při manipulaci a přepravě karoserií.

2.5.1 Skidový dopravník

Přepravním prostředkem je zde skid, manipulační jednotka je tvořena z karoserie a skidu. Skidový dopravník se skládá z jednotlivých dopravních prvků, nejčastěji to jsou:

- válečkové tratě,
- zvedací zařízení,
- stoly používané v dopravníkové technice,
- příčné přesuvné dopravníky,
- příčné pásové dopravníky.

a) Válečková trať

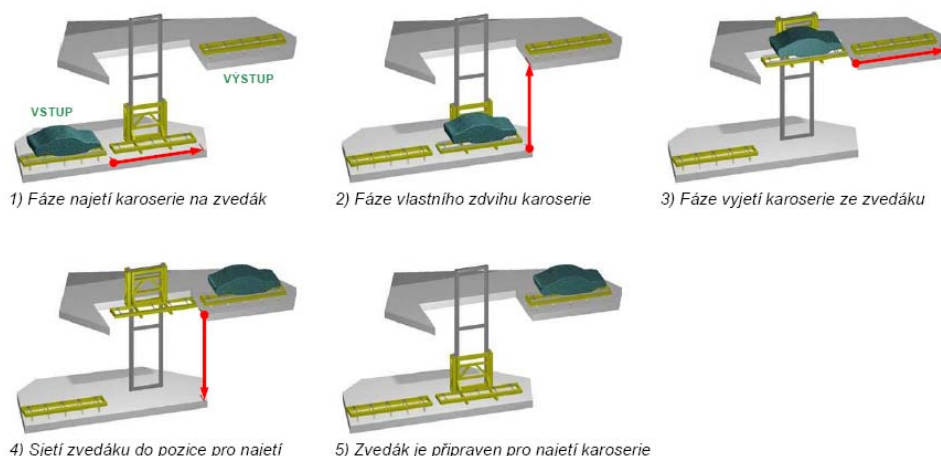
Válečková trať se používá pro přepravu karoserie v podélném (přímém) směru. Na těchto válečkových drahách se mohou karoserie zastavit, pokud jsou blokovány. V případech, kdy je pohyb karoserie po válečkové trati blokován, funguje válečková trať jako FIFO zásobník, někdy se také hovoří o dojíždějícím zásobníku.

b) Zvedací zařízení

Pomocí zvedacích zařízení se přepravuje karoserie ve svislém směru, nejčastěji jsou používána pro:

- vstup a výstup do zásobníků,
- vyrovnání výškových rozdílů mezi dopravníky,
- přesun karoserií mezi jednotlivými podlažími.

Na Obr.5 jsou znázorněny jednotlivé fáze dvousloupového zvedáku při jednom přepravním cyklu. Během přepravního cyklu může být zvedák obsazen pouze jednou karoserií, a to od fáze najíždění až po fázi vyjetí karoserie ze zvedáku. Další najetí karoserie je možné až po ustanovení zvedáku do nájezdové (výchozí) pozice.



Obr.5 Dvousloupový zvedák (jeden vstup jeden výstup) a jeho pracovní fáze [2] str.57

c) Stoly používané v dopravníkové technice,

• Kyvné stoly

Kyvné stoly zajišťují potřebné otočení karoserie (většinou o $10 \div 90^\circ$ viz *obr. 4-18* znázornění funkce kyvného stolu) na navazující válečkovou trať. Umístění středu otáčení vzhledem k vstupní válečkové dráze také určuje, zda směr karoserie bude nebo nebude odpovídat směru pohybu na výstupní válečkové dráze.

• Otočné stoly

Pomocí otočných stolů je možné podobně jako u kyvných měnit směr toku skidového dopravníku o požadovaný úhel. Střed otáčení je umístěn ve středu otočného stolu tzn., že stůl se může otáčet v obou směrech (výhoda směřování, dorovnávání toku karoserií).

• Zvedací stoly

Tyto stoly bývají použity u příčného pásového dopravníku, kde slouží pro najetí karoserie nad pásový dopravník na válečkovou dráhu (stůl v horní poloze) a následným spuštěním do dolní

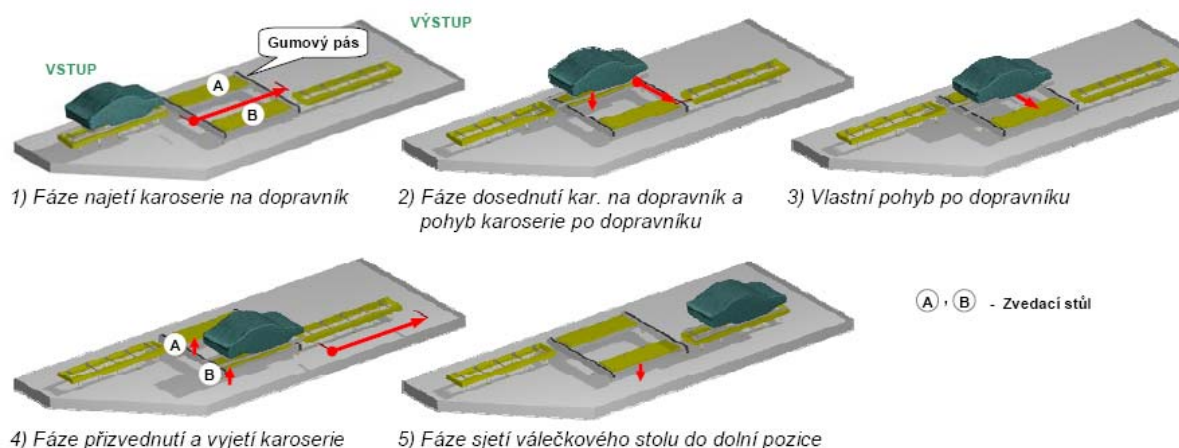
polohy je karoserie posazena na pásy tohoto dopravníku, díky kterým se karoserie posunuje směrem k výstupu.

d) Příčný přesuvný stůl (také označován jako přesuvný dopravník)

Pomocí přesuvného stolu je možné realizovat příčné přesunutí karoserie mezi jednotlivými válečkovými tratěmi. Tato konstrukce umožňuje rychlý příčný přesuv, proto je často používána při propojení válečkových tratí s více vstupy a výstupy.

e) Příčný pásový dopravník

V základním provedení má stejnou funkci jako příčný přesuvný dopravník. Základní rozdíl je ten, že manipulovaná karoserie pomocí skidu je příčně přesouvána po dvou pásích. Tento dopravník nedosahuje takových rychlostí při přesunu a je konstrukčně složitější. V základním provedení jsou použity dva zvedací stoly viz Obr.6, pomocí kterých je karoserie na vstupu posazena na zmíněné pásy a na výstupu vyzvednuta z pásového dopravníku.



Obr.6, Pásový dopravník (jeden vstup a jeden výstup) a jeho pracovní fáze [2] str.59

2.5.2 Závěsový dopravník

Závěsový dopravník je používán v případech, kdy je zapotřebí provádět montážní nebo technologické operace na spodní části karoserie. V provozu lakovny jsou používány při průchodu karoserií lázněmi, dále na výstupu z lakovny při konzervaci dutin a na montáži nejčastěji při zástavbě agregátu. Dopravníková trasa a její konstrukce je velice individuální a přesně odpovídá požadavkům dané technologie

2.6 Diskrétní simulace

Díky dynamickým procesům výroby jsou diskrétní simulace nejen v automobilovém průmyslu známy a používané nástroje. Škoda Auto využívá k simulaci materiálových toků simulační prostředek SimPro od německé firmy SDZ.

2.6.1 Simulační software SimPro

Komunikačním jazykem simulačního software SimPro je němčina a pro vytvoření řídicí logiky procesů se využívá interní programovací jazyk MODULA2, který je podobný programovacímu jazyku Pascal. Prostředí jazyka MODULA2 je také v německém

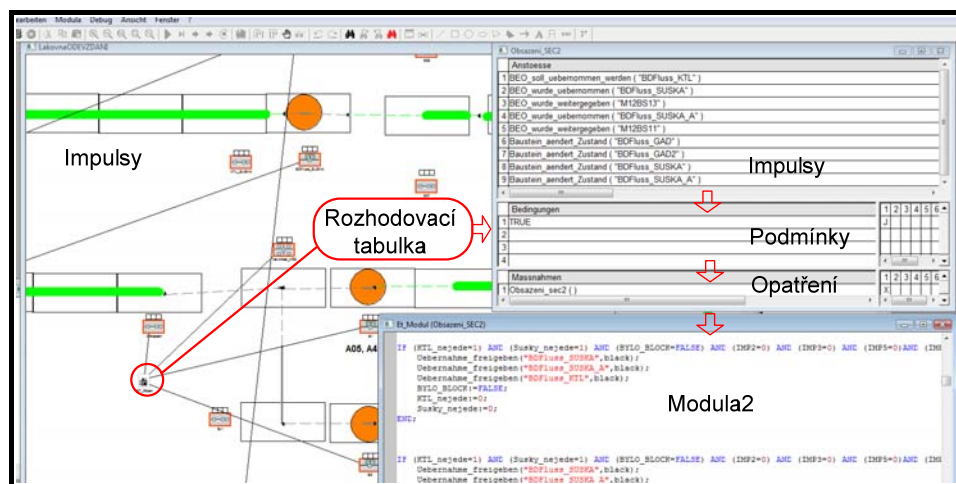


jazyce s výjimkou příkazů IF, THEN, ELSE, BEGIN, AND, atd., které jsou v anglickém jazyce.


V možnostech využití výsledků a animace z programu SIMPRO je možné využít data ze simulace pro sofistikované 3D grafické modelování v programech Microstation nebo 3D Studio Max. Také je možné s využitím parametrizace načítat i ukládat data z externích zdrojů, např. z Microsoft Excel. [7]

Základní prvky v SimPro [6]

- Pevné: Slouží k zobrazení určitého pracoviště, dopravníkové tratě, zásobníku, obsahují parametrizační masku, do které je možné zadávat např. příslušné takty, přestávky, poruchy, rychlosti a kapacity. K zobrazení pevných objektů se používá „BS“ (Baustein; základní, stavební prvek)
- Pohyblivé prvky: zprostředkovávají pohyb mezi pevnými objekty pomocí „BEO“
- Řídící: Slouží k řízení pevných a pohyblivých objektů, tedy materiálového toku. Řídící objekt je aktivován příslušným impulzem a za určité podmínky se provede odpovídající opatření. Simulační algoritmy se programují v simulačním jazyku Modula2, který je součástí simulačního programu. Simulační programy se ve srovnání s jinými programy hlavně liší tím, že mají jednu dimenzi navíc, kterou je čas. Práci s časem obsahují simulační jazyky ve formě příkazů nebo knihovních procedur. K zobrazení řídicích objektů se používá „ET“ rozhodovací tabulka, která v sobě obsahuje simulační jazyk Modula2. Prostředí SimPro je na Obr.7.



Obr.7, SimPro

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 18
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

V analytické části jsou popsány reálné skutečnosti týkající se zkoumané problematiky. Teoretická část slouží jako pomocný odborný materiál pro lepší pochopení zkoumaných záležitostí této diplomové práce.

3.1 Logistika

Logistika je pragmatická disciplína, která se zabývá vzájemným prognózováním, řízením, realizací, synchronizací a optimalizací toku materiálu a informací tak, aby byly na správném místě ve správný čas s minimálními náklady. Logistika je také zaměřena na uspokojování potřeb zákazníka jako konečný efekt a snaží se ho dosáhnout s největší pružností, přesností a hospodárností. [8]

Průzkum v podnicích dokazuje, že oblast skladování a manipulace s materiálem zaměstnává až 25% pracovníků. Zabírá až 55% ploch a tvoří až 87% z času, který stráví materiál v podniku. Tyto činnosti tvoří někdy 15 až 70% z celkových nákladů na výrobek a z velké míry ovlivňují také kvalitu výrobku. [9]

Prizpůsobování výrobků a výroby individuálním požadavkům zákazníků jsou faktory, které neustále zvyšují podíl logistiky v podniku, a proto by logistice měla být věnována značná pozornost s cílem vybudování efektivních procesů ve výrobě a manipulaci s materiálem.

Logistika a s ní spojená technika materiálových toků prochází změnami, které budou nadále pokračovat. Tyto změny se odrážejí i v nových koncepcích řízení a optimalizace vnitropodnikového materiálového toku. Podle odhadů prognostiků je tato integrace u většiny výrobců poslední rezervou ke snižování nákladů a v následujících letech bude postupně zvyšován její význam. [10]

Logistika vytváří na základě informačního toku logistické řetězce, což je obecné propojení výrobních postupů s postupy zpracovatelskými a odbytovými. Důležitou roli v logistických řetězcích hraje přemísťování jednotlivých komponentů (výrobků) na trh ke spotřebiteli. Logistické řetězce jsou tvořeny z aktivních a pasivních prvků.

Mezi aktivní prvky patří [11]

- Provozní zařízení
- Pracovníci
- Stroje
- Energie
- Informace
- Mezi pasivní prvky patří
- Materiál
- Nedokončená výroba
- Převážní prostředky
- Odpad

Aby se výroba, nebo oběh mohly vůbec realizovat, je nezbytná manipulace s materiálem. Materiálový tok je součástí logistického řetězce, který je označován jako dynamické propojení trhu spotřeby s trhy surovin, materiálů a dílů v jeho hmotném a nehmotném

aspektu, které účelně vychází od poptávky (objednávky) konečného zákazníka (kupujícího, spotřebitele), resp. které se váže na konkrétní zakázku, výrobek, druh či skupinu výrobků. [2]

3.2 Materiálový tok

Materiálový tok je označován pohyb materiálu ve výrobním procesu nebo v oběhu, prováděný pomocí aktivních prvků (nejčastěji pomocí manipulačních, dopravních, přepravních a pomocných prostředků) cílevědomě tak, aby materiál byl k dispozici na daném místě a v potřebném množství, nepoškozený v požadovaném okamžiku, a to s předem určenou spolehlivostí. [12]

3.3 Rozdělení logistiky

Ve výrobním podniku je možno rozlišit tři základní oblasti logistiky:

- zásobovací
- výrobní
- distribuční. [13]

V zásobovací logistice, která se týká materiálových toků přicházejících od dodavatelů, mají význam z hlediska plynulosti a návaznosti na materiálové toky uvnitř podniku tato kritéria:

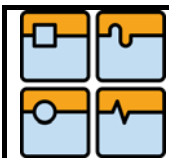
- velikost
- frekvence a pohotovost dodávek
- volba dodavatelů
- způsob balení a velikost manipulačních jednotek a dopravy
- způsob převzetí a kontroly zásilek
- druh používaných přepravních pomůcek
- uskladňovací a vyskladňovací operace
- péče o výrobní zásoby
- hospodaření s obaly
- způsob likvidace škod
- jakost a cena dodávaného materiálu včetně nákladů na dodání, které jsou ovlivněny předchozími skutečnostmi.

V současné době má stále větší význam pravidelnost a včasnost dodávek, které umožňují snížit výrobní i mezioperační zásoby a tudíž i náklady na skladování. Známý je systém dodávek JIT – Just in time „právě včas“. [13]

Výrobní logistika je v rámci podnikové logistiky nejvýznamnější součástí řízení výroby. Plné uplatnění širších logistických přístupů v organizaci, plánování a řízení vlastního výrobního procesu s přihlédnutím k navazujícím partnerským organizacím dodavatelů i odběratelů může být zdrojem významných úspor i prostředkem pro získání, udržení a rozšíření zájmu odběratelů o vyráběný sortiment. Často totiž při přibližně stejné kvalitě výrobků stoupá význam včasnosti a pravidelnosti dodání, způsob úpravy zboží a jeho balení, případně použití vhodných přepravních pomůcek (palet, kontejnerů), které navazují na manipulační systém odběratelů.

Výrobní logistika v oblasti pohybu materiálu a informací o něm zahrnuje:

- vymezení pohybu materiálu v rámci vlastního výrobního procesu určením počtu, druhu, velikosti a rozmístění výrobních a skladovacích míst



- volbu a tvorbu manipulačních jednotek a systémů
- přísun surovin, materiálů, pomocných hmot náhradních dílů do příručních skladů
- výroby i operační a mezioperační manipulace a odsun výrobního odpadu
- výdej a příjem náradí. [13]

Odbytová, distribuční logistika je zaměřena na optimální pohyb zboží k dodavateli. Mezi základní činnosti patří:

- přísun obalových prostředků i přepravních prostředků (palet, kontejnerů, závěsných vozíků) do příručních skladů
- balení zboží, ukládání na palety, do kontejnerů, na závěsné vozíky a vytváření ucelených manipulačních jednotek
- odsun hotových výrobků do odbytových skladů a péče o zásoby hotových výrobků
- volba optimálního způsobu přepravy zboží k odběratelům
- hospodaření s vratnými obaly a přepravními prostředky
- likvidace škod a ztrát i vyřizování reklamací. [13]

U všech těchto činností je nutno sledovat technickou, technologickou, organizační i informační stránku, aby bylo řešení materiálůvých toků co nejhospodárnější pro daný podnik, ale aby zároveň co nejkvalitněji všestranně uspokojovalo potřeby zákazníků. [13]

3.4 Koncepty pro řízení výroby

Manažery výrobních podniků zajímá především to, že konkurenceschopnost výrobků závisí na ukazatelích, jako je produktivita, kvalita produkce, kvalita poskytovaných služeb atd. Možnost ovlivnit tyto ukazatele je možné nejen během výrobní fáze, ale již v počátku volby vhodného konceptu pro řízení výroby.

Vhodný koncept pro řízení výroby je bezpochyby také závislý na typu či dispozičním uspořádání výroby, podobnější informace lze naléznout např. v publikacích [15] [16].

Snahy o zefektivnění fungování podniků se projevují nejen v implementaci nových informačních systémů a informačních technologií, ale i ve využívání vhodných metod řízení. Tento trend urychlil svoje tempo od 2. poloviny 20. století, kdy vznikly a následně začaly být implementovány do podnikové praxe nové metody a principy pomáhající ke zvyšování kvality, ke snižování nákladů a ke zkrácení průběžných dob.

K vybraným metodám (resp. konceptům) řízení patří: [16]

- Just In Time (JIT)
- Kanban
- Manufacturing Resource Planning (MRP II)
- Total Quality Management (TQM)
- Teorie omezení (TOC - Theory of Constraints) [18]

3.4.1 JIT a JIS

Principy logistiky Just-In-Time (JIT) a Just-In-Sequence (JIS) dodávek vytvořili finální výrobci automobilů s cílem eliminovat nadbytečné zásoby komponent v montážním závodě. Aby výroba mohla bezchybně a plynule fungovat, musí bezchybně fungovat i logistické zásobování komponent nebo modulů potřebných pro výrobu těchto vozidel. [18]



Zákazník má možnost si vůz při objednávce konfigurovat podle vlastního přání. Při široké škále barevných odstínů, motorizace, interiérové výbavy a dalších volitelných doplňků je prakticky každý vůz na montážní lince unikát. Představa, že by si samotní výrobci automobilů drželi zásoby modulů a komponent pro finální montáž před linkou, je v podstatě nemožná a proto se většina z nich snaží zásoby redukovat. Skladování takového množství komponent by totiž nejen zabíralo neuvěřitelné množství plochy, kterou je potřeba využít pro účely výroby, ale zejména by pro výrobce představovalo obrovskou zátěž v množství prostředků vázaných v zásobách. Řešení nabízí koncepce Just-In-Time. Ovšem ani samotný JIT není odpovědí na potřebu zásobování montážní linky takovými typy dílů, jejichž specifikace odpovídá specifikaci konkrétního vyráběného vozu. Pro tyto případy automobilky aplikují princip dodávek označovaných jako Just-in-Sequence. V tomto případě pak jednotlivé díly putují na linku přesně v pořadí, ve kterém se budou montovat do automobilů. V praxi to znamená, že automobilka pošle dodavateli plán výroby jednotlivých vozidel s přesným pořadím montovaných vozidel a požadavky na moduly od dodavatele. Dodavatel podle tohoto plánu vyrábí a dodává díly přímo na montážní linku přesně v pořadí vyráběných vozů na lince.

Sekvence vozů na výrobních linkách podléhá řadě faktorů, které zaměňují původní sekvenci vyráběných vozů např. z důvodu technologických, nebo poruch, které znamenají vyřazení karosérie ze sekvence pořadí a poté, co se vada opraví je karoserie vložena zpět na linku. Oba případy, znamenají změnu pořadí, ve kterém se vozy pohybují na linkách. Definitivní pořadí, ve kterém je potřeba díly dodat na montáži, tak odchází k dodavateli často až poté, co auto vyjede z lakovny (M100)

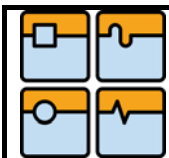
3.4.2 Princip metody JIT a Kanban

Metoda JIT, která je charakterizovaná včasnými dodávkami zboží a bývá charakterizována dosažením tzv. „seven zeros“

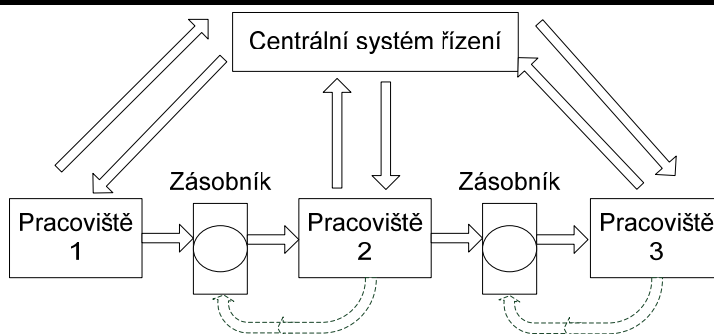
- Nulové množství zmetků
- Nulové časy seřízení
- Nulové stavy zásob
- Žádná manipulace
- Žádné přerušení
- Okamžité časy dodávek
- Dávky o velikosti jedna

Je třeba ale říci, že v praxi se spíše jedná o přiblížení se k tomuto ideálu. JIT se soustřeďuje na plynulost toku materiálu. Jsou snižovány průběžné časy výroby redukováním časů čekání a časů seřízení stroje. Využívá se proměnlivá velikost výrobních dávek. Snahou je jednosměrný materiálový tok s důrazem na standardizaci a dodržování principů skupinové technologie.

Obecně je možno jako JIT v případě jednotlivých pracovišť chápat i princip KANBAN. Ten je vhodným nástrojem pro dílenské řízení výrobního procesu a plánování výroby. Tato metoda se však rozšiřuje i do dodavatelských a odběratelských činností. Z pohledu řízení a plánování výroby se jedná o využití principu tahu (Pull). Zákazníci svými aktivitami potom vyvolávají přímé reakce na svého dodavatele. Tak se vytvoří samořídící regulační okruhy. Jednou z předností zmiňované metody jsou jednoduché pomůcky pro její aplikaci v podniku jako např. tabule pořadí KANBANů, plánovací tabule, výrobní, dopravní, plánovací a signální KANBANy, světelné (zvukové) signalizační zařízení.



DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr.8, Kanban systém [19]

Požadavky zavedení metody JIT

V oblasti pracovních sil: kvalifikovaný, vyškolený, ale hlavně motivovaný personál a připravenost delegovat pravomoci na každé úrovni řízení;

Z hlediska typu výroby:

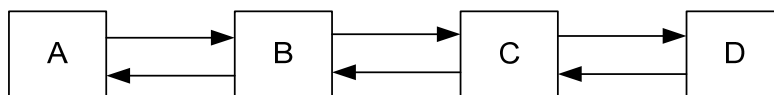
- opakovaná výroba stejných nebo příbuzných součástek s velkou rovnoměrností odbytu (hromadná a sériová výroba) s harmonizovanými kapacitami (tzn. zamezení vzniku úzkých míst);
- Rychlé seřizování strojů a zařízení, částečná pružnost kapacity (přesčasy) a plynulé toky (tzn. správně navržené rozmístění kapacit na dílně);
- Rychlé odstranění poruch obsluhou zařízení a kontrola kvality přímo na pracovišti. [14] [20]

Přínosy metody JIT

Mezi přínosy metody JIT lze zařadit jednoznačně snížení zásob, zvláště snížení mezioperačních zásob, které se omezí jen na bezpečnostní zásoby. Dále zajištění systémového toku informací v celém procesu výroby a dodávek dílů, založeného na sledování předem určeného stavu zásob, podporu plynulosti výroby při nárůstu sortimentu, zmenšení pracnosti plánování (tvorby plánu, kontroly), přehled o stavu výroby a zásob rozpracované výroby, úsporu přepravních nákladů a v neposlední řadě se jedná o jednoduchý, technicky nenáročný a flexibilní systém dílenského plánování, který je "otevřený" pro všechny pracovníky a výrobní týmy. [21]



a) Tradiční přístup – mezisklady izolují články



b) JIT přístup - dodává se podle požadavků, které vycházejí od posledního článku

Obr.9 Metoda JIT [6]

3.4.3 MRP

Původní systémy MRP (Material Requirements Planning) se prosazovaly jako racionalizační prvek systémy řízení zásob, které byly schopny určit bod objednávky a stanovit velikost

dodávky. Rozšířením systému MRP o další funkce typu materiálového hospodářství, plánování denního množství, kontrolní systémy připravenosti materiálu a sledování kritických částí se získává systém MRP II (má zpětnou vazbu). Toto rychlé propojení marketingu, finančního řízení a výroby umožňuje aplikaci ryze podnikatelského pohledu na produkci firmy. Těžištěm MRP II je také plánování materiálových požadavků. [19] [14]

Mezi základní vlastnosti MRP patří [19] [14]

- Orientace na produkt – funguje na bázi výpočtu, který vychází ze struktury výrobku dané všemi materiálovými položkami potřebnými pro daný výrobek
- Orientace na budoucnost – při plánování vychází ze základních dat v souborech a z očekávaných potřeb místo ze statistických dat z historie prodeje
- Respektování požadavků v čase – v úvahu jsou brány nejen kvantitativní požadavky na materiálové položky, ale i jejich průběžné doby objednání
- Respektování priorit (například potřeb zákazníků) – patrný dohled na potřeby zákazníků a požadavků výrobního plánu

Výhody MRP konceptu

Výhody lze nalézt v oblasti využití výrobních kapacit. Pomáhají totiž přiblížit požadavky na výrobní zdroje, kladené plánem výroby, skutečnému výrobnímu zdroji, který je k dispozici. Hlavní výhodou je nízká úroveň rozpracované výroby a výrobních zásob, dobrá znalost jednotlivých materiálových potřeb, možnost generování různých řešení hlavního plánu výroby a umožňují sledovat skladbu průběžné doby výrobků. [22]

Nevýhody MRP konceptu

Problémy metody spočívají v zajištění pružné změnové služby v konstrukci, shrnutí veškerých potřeb či definování doby výroby vyráběné součásti, nákupu dílů atd. [22]

3.4.4 TQM

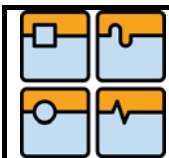
Metoda TQM směřuje ke zvyšování produktivity za současného zvyšování jakosti a snižování ztrát z nejakostní výroby a zvyšování spokojenosti zákazníků. TQM je tedy systematické a důsledné uplatňování několika metod v rámci podnikové struktury, jasně zaměřené na jakost a spokojenost zákazníků. Obecně jde o uspokojení zákaznických požadavků, a to co nejefektivněji. Zásadní podmínkou pro úspěch tohoto úsilí je aktivní účast všech zaměstnanců a to od recepce přes administrativu, výrobu, servis, obchod až ke generálnímu řediteli. [22]

Koncept TQM se snaží docílit zvýšení kvality všech prvků. Ve srovnání s tím např. metoda TOC slouží jako periskop, který zaměřuje prvky, jejichž zlepšení přinese zvýšení kvality celého systému nebo jeho rozhodujících vlastností. [14] [17]

3.4.5 TOC

Další aplikovanou metodou v podnicích je TOC (teorie omezení). TOC patří mezi uváděnými metodami mezi nejmladší, ale současně nejdynamičtější se prosazující. Důvodem je rozšiřování aplikací typu SCM (Supply Chain Management) a APS, které využívají přístupy TOC označované jako OPT (Optimized Production Technology) a DBR (Drum Buffer Rope) a zaměřují se na optimalizaci a úzká místa.

TOC je primárně orientovaná na úzká místa ve výrobních systémech. Představuje nový, netradiční způsob řešení problémů a způsob myšlení, který posiluje význam a úlohu zdravého



rozumu. TOC v oblasti řízení výroby vychází z dat, potřebných též pro koncept MRP II, což je pouze částečně zřetelné u JIT a TQM. Protože TOC se zaměřuje na úzká místa, klesá do určité míry požadavek na přesnost dat, týkajících se ostatních prvků systému. Metoda TOC se snaží o maximalizaci průtoků úzkým místem.

Hlavní principy TOC

Přístup reprezentovaný metodou TOC je mnohdy srovnáván s dalšími metodami a principy používaných v současné praxi. Jedním z nich je Paterův princip, známý také jako pravidlo 80:20, které doporučuje soustředit se na 20% hlavních činností zajišťujících 80% efektů. Stejně jak o TOC nabízí tento princip řešení, jak se rozhodovat v podmínkách složitého systému podniku. Metoda TOC využívá systémový přístup a soustřeďuje se na hlavní vstupy a zejména na výstupy podniku z pohledu globální optimalizace. Nesoustřeďuje se jen na funkci jednotlivých částí, ale také na to jak funguje celek. Jednotlivé části se musí podřítit sjednocujícímu cíli, který si daný systém určil.(23)

Cesty, kterými je možné dosáhnout dlouhodobého rozvoje, mohou být různé, vždy však platí, že je zapotřebí eliminovat špatná rozhodnutí.

Jednou z cest, jak tato špatná rozhodnutí eliminovat, je využití simulace, která nám může na spoustu otázek odpovědět. Problematika simulace je probírána v následujících kapitolách této diplomové práce.

3.5 Outsourcing v logistice

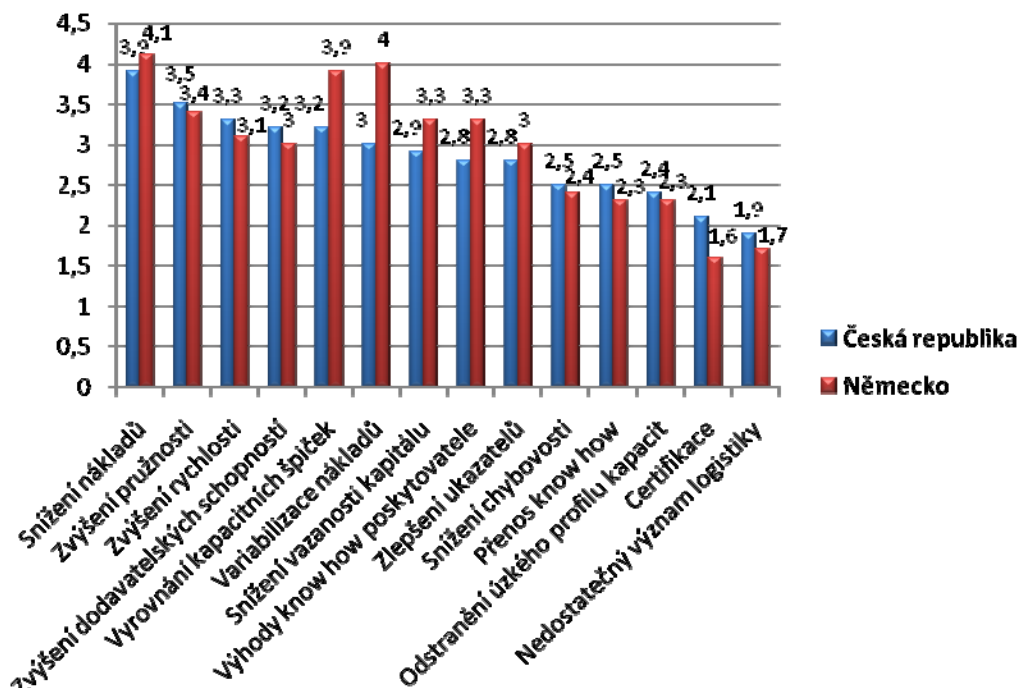
Podniky si začínají uvědomovat, že logistika je jedním ze strategických faktorů úspěchu a proto mnohdy vstupují do velice úzkých vazeb a kooperací.

Pojem outsourcing představuje využití vnějších zdrojů. Termín se všeobecně používá pro dlouhodobé přenesení určité činnosti, kterou podnik dosud prováděl sám na externí firmu či firmy – na poskytovatele služeb. Podstatou outsourcingu je tedy vytěsňování či vyčleňování určitých podnikových činností z podniku a jejich zabezpečení u jiné firmy – externího poskytovatele. Outsourcing představuje rozhodování mezi dvěma strategiemi „výrob nebo nákup“ (Make or Buy).

Hlavním důvodem je nutnost co nejpružněji reagovat na přání zákazníků. Druhým důvodem je snaha dostat se rychle na světovou úroveň nebo se tam udržet. [24]

3.5.1 Stav outsourcingu v logistice českých podniků

Z výsledků průzkumu dotazníkového šetření u 240 podniků bylo zjištěno, že outsourcing využívá 52% českých podniků. V průměru je u nich outsourcingováno 48% logistických činností. Důvodem takto vysokého podílu je zejména rychlý rozvoj logistického trhu v české republice: meziroční růst českého logistického trhu je odhadován na 15%, růst německého trhu je 6% a trhu EU 5,2%. Rozsah outsourcingu v České republice u distribuce 57,8%, opatřování (nákup a zásobování) 48,1%, výroba (řízení výroby a výroba) 37,9%. Nejčastěji jsou outsourcovány : vnější doprava, informační systémy, odbyt, distribuce, vnitropodniková doprava a řízení výroby. [25]

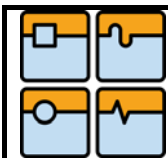


Obr.10, Stav outsourcingu [25]

Na první pohled lze říci, že outsourcing logistických procesů má rozpolcený charakter, údaje netvoří shluky kolem „středního pole“ a jako by u českých podniků platila outsourcingová strategie „všechno a nebo nic“. Německé podniky zvolily jinou strategii. Rozsah outsourcingu logistických činností je u německých podniků nejčastěji v rozmezí 11 až 20%, dále v rozmezí 21 až 30 % a 31 až 40%, což znamená, že jdou „zlatou střední cestou“. Naproti tomu u českých podniků je to nejčastěji 61% a více. [25]

3.6 Trendy a strategie v logistice

Logistické manažery podniků v současnosti nejvíce zaměstnává globalizace, její vliv pravděpodobně poroste i v příštích letech. Podle studie se mění pořadí podnikových cílů. V posledních deseti letech patřila hlavní pozornost nákladům. Nyní dostává vyšší prioritu spolehlivost dodávky a schopnost pružné a rychlé odezvy v dodavatelských sítích. Jako důležitý cíl uvedlo zvýšení spolehlivosti dodávky 59% obchodních podniků. Ovšem jen malá část z nich se již také orientuje logistické projekty na tento cíl. V praxi podniky nyní zvyšují spolehlivost dodávky také vyššími zásobami a příliš nákladnou správou logistiky. Logističtí manažeři dnes jsou a i v příštích letech budou konfrontováni s rostoucími náklady, na které nadto mají silný vliv externí činitelé, především rostoucí ceny energie, pohonných hmot dopravy a růst osobních nákladů. Ochrana životního prostředí a zdrojů je podle názoru dotázaných jedním z hlavních témat budoucnosti. Téměř dvě třetiny dotázaných logistických manažerů hodnotí zvýšení příspěvku logistiky k efektivnosti ochrany životního prostředí a zdrojů jako šanci v mezinárodní konkurenci. Studie konstatuje, že chybí konkrétní strategie životního prostředí, konkrétní systémy cílů a konkrétní koncepty v logistice. [26]



Trend	Německo		USA		Čína	
	2008	2015	2008	2015	2008	2015
Globalizace	60	78	50	67	59	72
Bezpečnost	46	63	50	70	48	69
Regulace, Harmonizace	35	54	50	53	45	64
Ochrana životního prostředí	28	71	26	60	44	67
Technologické inovace	28	61	35	76	39	68

Tab.1, Ovlivňování logistiky megatrendy (% podniků) [26]

3.7 Simulace

Simulační software se zcela běžně používá v řadě oblastí lidské působnosti a stal se nedílnou součástí vědeckých i běžných praxí. S rostoucím vývojem technických i programových prostředků, umožňuje software rychlé zpracování mnoho složitých výpočtů, které slouží k řadě kontrolovaných experimentů s typy zkoumaných systémů. Experimentální práce je jednou z nejdůležitějších metod jak získávat nové poznatky a zároveň slouží k ověření teorií a hypotéz.

Simulační modely poskytují informace o pravděpodobných důsledcích alternativních rozhodnutí. Jejich použití je výhodné zejména tehdy, sledujeme-li více cílů. [27]

Pokud se podíváme na nejčastější oblasti v používání simulačních programů, zjistíme, že převažují obory technického charakteru od strojírenství přes elektrotechniku až po chemii.

3.7.1 Definice simulace

Termín simulovat znamená napodobovat nebo imitovat, zatímco termín modelování se vztahuje k napodobeninám objektů reprezentujícím nějaké existující objekty. Simulace je napodobováním činností systému v průběhu času. Vývoj chování systému může být zkoumán pomocí simulačního modelu. Vzhledem k tomu, že napodobování a modelování jako jednu z metod poznávání, je možno vypořádat již v počátcích civilizace, je historie simulace a modelování velmi stará. [28] [14]

Proces experimentování s modelem se nazývá simulace. Pomocí simulačních experimentů je možné hledat alternativy a vhodné parametry projektovaného zařízení, případně poopravit či doplnit poznatky o zkoumaném systému.

3.7.2 Důvody proč simulovat

Důvodů proč zavádět simulaci a modelování do výrobního podniku je celá řada. Mezi hlavní z nich patří možnost modelovat ještě neexistující výrobu nebo u stávající výroby hledat příčiny vyskytujících se problémů. Takto lze celkem snadno získat přehled o úzkých místech ve výrobních procesech, vytížení jednotlivých strojů i personálu. [14] [29]

Výrobním podnikům se dnes mnohem více vyplatí pořízení takového simulačního nástroje, který dokáže poměrně přesně navrhnout budoucí výrobu a případně odhalit nejruznější úskalí,

jež nejsou na první pohled zřejmá. Tato úskalí nemusí být vždy jen technického a provozního charakteru, ale také ekonomické povahy.

3.7.3 Možné přínosy simulace

- Zkrácení průběžných časů výrobků a časů dodávek materiálů
- Zvýšení produktivity pomocí odstraňování úzkých míst a eliminace výpadků výroby způsobených nedostatkem materiálů
- Zvýšení výrobních kapacit pomocí zvýšení využití všech zdrojů
- Snížení provozních nákladů a kapitálových investic.
- Analýzu dynamického chování složitého reálného, nebo projektovaného podnikového systému za pomoci počítačového modelu.
- Analýzu citlivosti získaného řešení na změnu různých parametrů modelu.
- Srovnání výkonnosti různých variant a kritérií pro optimalizaci výroby
- Nahrazení experimentu s podnikovým systémem, který nelze uskutečnit v praxi, experimentem na počítači. [30] [31]

3.7.4 Hlavní zásady simulace

Znalost modelovaného objektu – sestavení modelu požaduje vynikající znalost modelovaného objektu nebo procesu.

Účelovost konstrukce – pro simulační modely platí účelovost jejich konstrukce. Získané výsledky mohou být interpretovány pouze pro ty účely, pro něž byl model konstruován

Zásada identifikovatelnosti - při výběru proměnných modelu a definování vztahů mezi nimi je nutné identifikovat ty, které jsou pro správnou funkci důležité. Není vhodné do modelu zařadit prvky či vazby, které s funkcí modelu nesouvisí, nebo funkci modelu neovlivňují.

Aktualizace – při využívání simulačního modelu opakovaně je nutné zajistit jeho trvalou aktualizaci na změny, ke kterým dochází v reálném systému.

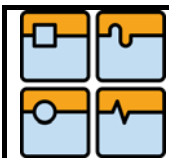
Sběr informací – bez potřebných informací není možné simulační model správně vytvořit či otestovat správnost funkce sestaveného modelu.

3.7.5 Dělení simulačních modelů

Simulační model je dynamický model, v němž dochází k výskytu jevů ve stejném pořadí jako v modelovaném systému. Hlavní rozdíly mezi analytickým a simulačním přístupem lze charakterizovat z několika hledisek. Analyticky řešené modely je možné často chápat jako jistou realizaci či konkretizaci určité teorie, zatímco u simulačních modelů je prvotní modelové zobrazení vlastností zkoumaného systému. Míra využití dostupných informací do značné míry ovlivňuje charakter modelu. Převládají li poznatky o modelovaném systému, je model stavěn spíše deduktivně, což často vede k analyticky řešitelnému modelu. V opačném případě je modelovaný systém považován za „černou schránku“ takže jde o induktivní metodu tvorby modelu. [28]

Analytické metody řešení modelů poskytují výsledky obvykle ve formě funkčních vztahů, v nichž jako proměnné vystupují parametry modelů, takže řešení specifického modelu získáme dosazením konkrétních hodnot do zmíněných vztahů.

Podstatu přínosu simulačních metod pro oblast operačního výzkumu lze spatřovat hlavně v usnadnění práce s dynamikou a komplikovanými pravděpodobnostními vazbami a jsou zejména vhodné pro posouzení několika variant než pro řešení problémů, které spočívají v hledání optimálního řešení na množinách s velkým či dokonce nekonečným počtem prvků.



3.7.6 Diskrétní simulace

Diskrétní simulace jsou charakteristické tím, že se proměnné v modelu mění skokově (nespojité) pouze nastala-li určitá událost. "Využívají k tomu next-event techniku (model se mění, pouze pokud se provede událost) pro řízení chování modelu. [32]

Model (zjednodušení složité reality), nad kterým simulace probíhá, pak obsahuje chronologicky navazující děje. Díky výsledkům získaným ze simulace můžeme zjišťovat chování složitého dynamického systému, jehož stav se mění v čase, za různých podmínek.

Diskrétní simulace využívá některé složky, které jsou pro ni typické a reprezentují každý diskretní systém.

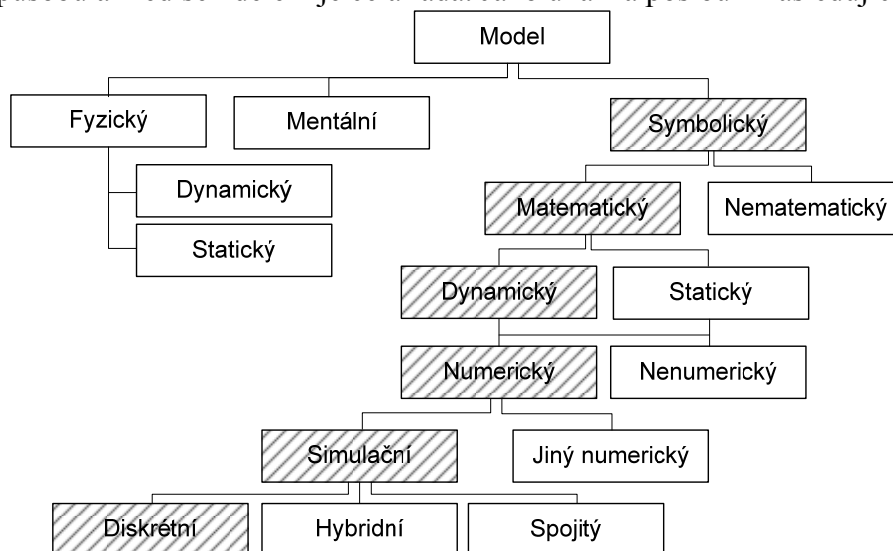
- Čas – V závislosti na nastavené jednotky (dny, hodiny, atd.) se čas mění skokově.
- Události – Jsou to změny v daném systému, který simulujeme (příchod zákazníka do obchodu). Můžeme je vyjádřit změnou stavu entity a časem, kdy ke změně dochází.
- Generátor náhodných čísel – Ke generování čísel se využívají pseudonáhodné generátory. Pseudonáhodná čísla se využívají k napodobení reálných podmínek, kdy zákazníci vcházejí do obchodu v různý čas v různém počtu.
- Statistiky – Výstupem simulace jsou statistická data získaná při simulaci, která musíme dále zpracovat, abychom získali výsledné informace.
- Koncové podmínky – Simulace by mohla pokračovat do nekonečna, a proto je nutné zavést koncové podmínky, kdy simulace skončí (například po 20 iteracích).

3.7.7 Modelování

V dnešní době není zcela možné popsat komplexní systémy z důvodu jejich rozsáhlosti a komplikovanými vazbami uvnitř i vně systému a řadou vlivů, které lze jen s těžší očekávat. Jako jedním z nástrojů sloužícím ke studiu těchto systémů slouží modelování, které realitu zjednodušuje na podstatné faktory, které systém z větší míry ovlivňují. V prvních krocích při modelování reálného systému je jasné stanovení cíle, neboli problému k řešení a vymezení co tento problém obsahuje. Modelováním tedy rozumíme sestavování modelu.

3.7.8 Rozdělení modelů

Možnosti způsobů a hledisek dělení je celá řada. Jako ukázka poslouží následující rozdělení:



Obr.11, Druhy modelů [30]

Modely nachází uplatnění v mnoha ekonomických oblastech a k řešení širokého spektra problémů. Diskrétní modely slouží nejčastěji pro modelování konkrétních operací. Díky nim lze například sladit potřeby různých pracovišť, snížit operační náklady, zlepšit průtok materiálu výrobní linkou atd. Tyto modely či již jejich modifikace provedené simulací poskytují detailní statistické výsledky. Jsou užitečné na nižších úrovních řízení podniku, například při řízení výrobních procesů. Na strategické úrovni již takové uplatnění nenacházejí, neboť jejich přílišná podrobnost, konkrétnost a zaměření na určitý proces neumožňuje efektivně vnímat podnik jako celek. [33]

3.7.9 Etapy tvorby počítačové simulace

Cílem simulačních projektů je zlepšení podnikových procesů (vyšší produktivita, nižší náklady, apod.) procházejí určitými, i když ne pevnými fázemi svého vývoje.

Přeskočení, nebo podcenění některé fáze vývoje, může ušetřit čas a peníze, častějším důsledkem ale bude celkové zdražení projektu. Existuje řada různých dělení projektů na fáze, etapy či kroky, ale vesměs jde o obsahově podobná schémata. [14]

FÁZE 1 Rozpoznání problému a stanovení cílů

Správná formulace problému je pro úspěšnost projektu zásadním cílem. Je běžné, že ani dobří manažeři nejsou ihned schopni formulovat, v čem spočívá příčina problému. V této fázi je klíčová schůzka klienta s řešitelským týmem, na které by mělo dojít:

- Ke shodě ve vymezení problému a stanovení cílů (nedostatečné kapacity, zlepšení procesu (v rozmezí 10 až 15% je již dostatečné k řešení simulace)
- Jakým způsobem bude problém řešen a zda li je simulace vhodným řešením
- O dohodě kdo bude za projekt zodpovědný a jak bude probíhat komunikace mezi klientem a řešitelským týmem.

FÁZE 2 Vytvoření konceptuálního modelu

Před začátkem tvorby počítačového modelu je potřeba si udělat určitou základní představu o modelovaném systému. Vstupní data jsou:


- Jaký podnik se simuluje a jeho zákazníci
- Určení kritérií, podle kterých je hodnocena efektivnost systému
- Určení podrobnosti jak je důležitá úroveň modelování
- Jaké objekty systém v sobě zahrnuje
- Jaké požadavky vstupují do systému
- Jakým způsobem se přidělují omezené zdroje

Pro vytvoření modelu výrobních systémů a procesů v nich probíhajících je třeba nejprve pochopit strukturu výroby a seznámit se s jejími jednotlivými částmi:

- Typ výroby
- Topologie a rozmístění
- Tok materiálu
- Tok informací
- Strojový park a vybavení
- Personál a lidské zdroje

FÁZE 3 Sběr dat

Simulace je datově náročnou aplikací a problém nastává, pokud nejsou požadovaná data k dispozici. Model je možné vytvořit i bez dat jsou-li k dispozici rozumné předpoklady o

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 30
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

charakteru modelování (názory expertů, analogie,...). Další možností, pokud nejsou dostupná data, je potřeba se spolehnout na reálnost expertních odhadů od pracovníků, kteří mají s danou činností nejvíce zkušeností.

FÁZE 4 Tvorba simulačního modelu

Vychází se z konceptuálního modelu z Fáze 2. Tvorba počítačového modelu je první kontrolou konceptuálního modelu, protože počítačová logika odhalí to, co bylo přehlédnuto při tvorbě tohoto modelu.

FÁZE 5 Verifikace a validace modelu

Verifikací rozumíme ověření toho, zda vytvořený počítačový model je v souladu s původním konceptuálním modelem. Jde o kontrolu přepisu reálného systému do simulačního programu. Validací chápeme ověření toho, zda je počítačový model ve shodě s realitou. Pokud vytváříme model existujícího systému tak nejjednodušším způsobem kontroly je srovnání výstupů modelu s reálnými daty.

Nelze očekávat úplnou shodu modelu a reality. Protože model vždy zůstane zjednodušením reality. Z tohoto důvodu se doporučuje se vyvarovat modelování různých detailů, protože se komplikuje případné pozdější editování počítačového modelu.

Podle dosažené validity může být model:

- replikativně validní – reprodukuje data z reálného systému,
- prediktivně validní – model poskytuje data předtím, než je poskytuje reálný systém,
- strukturně validní – model je schopný nejenom reprodukovat pozorovaná data, ale také věrně odráží způsob činnosti reálného [14]

FÁZE 6 Provedení experimentů a analýza výsledků

Pro řešitelský tým je tato fáze nejzajímavější částí projektu, protože práce vložená do projektu začíná přinášet první výsledky. Doporučuje se volná diskuze ohledně fungování modelu (použití např. animací) mezi řešitelským týmem a klientem. Vhodné je připravit si několik variant s prezentací pro klienta.

FÁZE 7 Dokumentace modelu

Mnohdy podceňovanou je právě tato fáze, při které proběhne podcenění dokumentace projektu. Bez popisu struktury modelu, vývoje modelu a výsledků experimentu je prakticky nemožné se k modelu později vrátit, nebo použít části modelu v budoucích aplikacích. [14]

FÁZE 8 Implementace

Analýzou výsledků a dokumentací simulační projekt nekončí. Nejpodstatnější je právě implementace projektu do praxe, což může nést s sebou mnohé problémy, např. nespolutracující zaměstnanci apod.

3.8 Omezení simulace

Každý model je tak dobrý, jak jsou dobré předpoklady, na nichž je založen. V případě simulačních modelů se předpoklady skládají z popisu fyzického systému a rozhodovacích pravidel. Vyjádřit adekvátně fyzický systém není obvykle problém; fyzické prostředí může být vyjádřeno v jakémkoli požadovaném detailu. Nejvíce problémů se objevuje při popisu rozhodovacích pravidel, kvantifikaci soft proměnných a výběru hranic a mezí systému.[28]

3.8.1 Přesnost rozhodovacích pravidel

Popis rozhodovacích pravidel je při stavbě modelu jedním z potenciálních zdrojů problému. Model zobrazuje, jak jednotliví „účinkující“ v systému tvoří rozhodnutí, ať už jsou jejich rozhodovací pravidla správná nebo nejsou. Model tedy musí zobrazovat aktuální rozhodovací strategie používané lidmi v modelovaném systému a postihnout i omezení a chyby v těchto strategiích. [34]

3.8.2 Soft proměnné

Většinu dat představují soft proměnné, tj. nejvíce našich znalostí jsou popisná data, kvalitativní, obtížně kvantifikovatelná a nikdy nebyla zaznamenána. Soft proměnné mají také své odpůrce, kteří se orientují pouze na Hard proměnné (měřitelná data) s argumentem že: Jak můžeme provádět statistická šetření, pokud nemáme číselná data? Ignorování soft proměnných způsobí, že mají v modelu nulovou hodnotu – pravděpodobně jedinou hodnotu, o níž víme, že je chybná. Ovšem, všechny vztahy a parametry v modelech, ať už založené na Hard či Soft proměnných jsou od jisté hranice nepřesné. Určení lidé nemusí souhlasit s nastavenou důležitostí určitých faktorů. Modeláři tedy musí provést analýzu citlivosti, aby zjistili, jak se změní jejich předpoklady v závislosti na určitých rozhodnutích.[34]

3.8.3 Hranice modelu

V praxi platí, že mnoho simulačních modelů má velmi úzké hranice. Ignorují faktory ležící mimo oblast znalostí modeláře nebo zájmu investora a tím ignorují důležité zpětné vazby. Důsledky omezení hranic nebo opomenutí zpětné vazby mohou být vážné. [34]

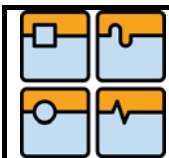
Předcházející dvě kapitoly byly zaměřeny na různé modelovací techniky a přístupy, jejich výhody a nevýhody, aby potenciální uživatel modelu získal alespoň přibližný obraz toho, co může očekávat. Nezávisle na jejich omezeních zde není pochyb o tom, že mohou být velmi důležitým nástrojem rozhodování. Dobře sestavené počítačové modely převyšují v mnohém mentální modely sebechytřejších osob.

3.9 Optimalizace

V praxi existuje mnoho rozhodujících situací a stejně tak mnoho souvisejících omezujících podmínek. Optimalizovanou činnost lze proto vyjádřit kritériální funkcí.

Můžeme rozlišit problémy maximalizační (maximalizace průtoku výrobní linkou), kdy se jedná o hodnotu nejvyšší, nebo minimalizační (např. snížení zmetkovitosti), kdy jde o nejnižší dosažitelnou hodnotu této cílové kritériální funkce. V procesu výroby to může být například růst produkce při současném zvyšování kvality, snižování nákladů, plném využívání kapacit. Takové problémy – optimalizační problémy mají obvykle více možností řešení. Při správném dodržení omezujících podmínek lze ke každému z přípustných řešení stanovit hodnotu odpovídající hodnotě stanoveného cíle, hodnotě kritériální funkce. Řešením optimálním je pak řešení s nejlepším výsledkem z množiny přípustných řešení. [14]

Optimalizace umožnila zlepšit kvalitu rozhodování v mnoha oblastech podnikových činností. Pokud se vyskytne situace výběru mezi několika popsánymi možnostmi řešení, je optimalizace vhodnou metodou.



Optimalizační modely jsou deskriptivní. K výsledku pomocí nich dojdeme, když modelové situace budou respektovat výstupy modelu a budou se chovat optimálně. Tím jsou také dány rozdíly proti modelu simulačnímu, který nepočítá, co by se mělo učinit pro dosažení určitého cíle, ale vyjasňuje, co se stane za daných podmínek, tedy předvídání, jak by se systémy měly chovat za určitých podmínek.

Optimalizace významně zlepšila kvalitu rozhodování v mnoha oblastech, zahrnujících počítačový design, letové řády, řízení výroby, zpracování ropy apod. Kdekoli se vyskytne problém výběru mezi několika velmi dobře popsánymi možnostmi, je použití optimalizace namístě. [34]

3.9.1 Omezení optimalizačních modelů

Mezi omezení optimalizace lze zařadit:

- těžkosti při specifikaci cílové funkce a její dosažení - Je důležité, aby potenciální uživatelé při zkoumání modelu měli neustále na mysli otázku hodnot a účelu. Mělo by být neustále zjišťováno, jaké hodnoty zahrnuje cílová funkce.
- nereálná linearizace - Aby bylo možné problém vůbec modelovat, používá modelář často řadu zjednodušení reality. Mezi jinými i to, že vztahy mezi prvky systému linearizuje což je z matematického hlediska žádoucí, ale v reálném světě je téměř vždy nevhodná a v případě špatné linearizace vede velmi často k nesmyslným závěrům.
- absence zpětné vazby - Komplexní systémy jsou v reálném světě značně propojené, mají mezi jednotlivými prvky mnoho zpětných vazeb. Modely, které ignorují zpětnou vazbu spoléhají na exogenní proměnné. Exogenní proměnné jsou ty, které ovlivňují ostatní proměnné v modelu, ale nejsou modelem vypočítávány. Jsou prostě vyjádřeny číselnými hodnotami neměnicími se v důsledku působení zpětné vazby. Oproti tomu endogenní proměnné jsou počítány samotným modelem. Jsou dány strukturou modelu, jsou těmi proměnnými, pro něž má modelář explicitní vysvětlení, a které reagují na zpětnou vazbu.
- Ignorování zpětné vazby dává vzniknout politikám, generujícím nečekané vedlejší efekty, nebo jsou neúčinné, zpožděné či překonané samotným systémem. Potenciální uživatel by si na to při zkoumání modelu měl dát dobrý pozor. Měl by se neustále ptát, jaké zpětné vazby a jaké prvky v modelu chybí a jak to může negativně ovlivnit pozdější chování modelu a tím i znehodnotit rozhodnutí na něm založená.
- absence dynamiky - Mnoho optimalizačních modelů je statických. Určují optimální řešení v daném okamžiku bez ohledu na to, jak má být optimálního stavu dosaženo nebo jak se bude systém chovat v budoucnosti. [34]



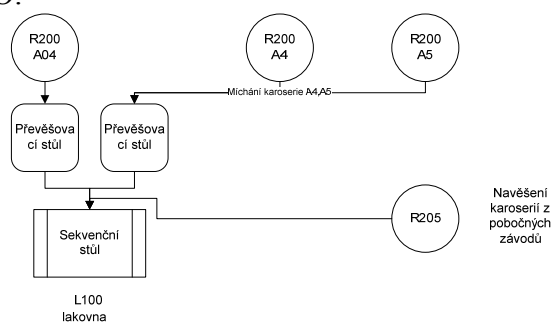
4 PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE

4.1 Základní informace o lakovně M11A, Mladá Boleslav

Jedná se o výrobní halový vícepodlažní objekt, který je rozčleněn na dvě základní části. Na halu základního (M11A) a halu vrchního laku (M11B). Svařené karoserie vstupují do haly dopravníkovým mostem ze zásobníku před lakovnou a jsou přepravovány pomocí skidového dopravníku, závěsného dopravníku a zvedacího zařízení (viz. kapitola 2.5), pomocí kterého přechází mezi jednotlivými patry. Na lince se realizuje lakování vozových tříd „A0“ – A05 nová Fabie a třídy „A“ – A4 (stará Octavie), A5 (nová Octavie). Provoz lakovny zajišťuje barevný sortiment čítající 14 odstínů pro model A i A0, včetně speciálních barevných odstínů a aplikace bílých střech. Provoz lakovny byl zahájen v roce 1996 a náklady na výstavbu činily 315 mil. euro. [5] [35]

4.1.1 Zásobník před lakovnou

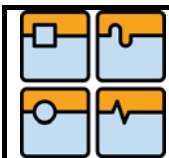
Tento zásobník můžeme rozdělit na dvě části: jsou to průjezd do lakovny pro karoserie A4, A5 a vlastní zásobníky. Doba, za kterou karoserie projede plné zásobníky, se řídí taktem lakovny a poměrem, ve kterém jsou do lakovny vpouštěny karoserie Fabia a Octavia. Poměr je stanoven dispečerem, který se řídí plánem výroby. Za zásobníky následuje sekvenční stůl. Na sekvenčním stole o 5-ti pozicích řídí dispečer poměr, v jakém budou karoserie A4, A5, A04 najíždět do lakovny. Za sekvenčním stolem dostává karoserie status L100, pomocí kterého dochází k účetnímu předání karoserie mezi svařovnou a lakovnou. Řídící logika tohoto zásobníku je FIFO.



Obr.12, Roztřídění karoserií před evidenčním bodem L100 [35]

V lakovně dlouhodobě nedochází ke změnám taktu linek. Jsou pro to dva důvody. Jeden je technologický, který platí zejména pro linky sušení. Z hlediska charakteru procesu nemůže totiž karoserie zůstat v sušičce libovolně dlouho. Kdyby došlo ke zpomalení této linky, došlo by k přesušení a tím k poškození karoserie. Druhý důvod je kapacitní. Vzhledem k tomu, že se v lakovně vyrábí cca 1700 karosérií (A4, A5, A04) za den a linky na kterých se vyrábí, jsou univerzální (bude upřesněno následovně), je v lakovně praktikováno tzv. doplňování linek na maximální kapacitu karoseriemi A04. Velikost taktu je na většině linek nastavena stejně, ale existují výjimky a to především tam, kde karoserie nejsou rozděleny do více linek (VBH, KTL, Plnič,...). Na těchto linkách je takt poloviční.

V případě, že by bylo nutné počet vyráběných karosérií snížit, bude se tato situace řešit tak, že všechny linky pojedou stále stejným taktem a karoserie se budou ze svařovny navěšovat ob jednu. Na linkách se tak budou uměle vytvářet mezi jednotlivými karoseriemi mezery. Tyto mezery mohou být libovolně velké, záleží především na tom, o kolik bude nutné plán snížit.



4.1.2 Hala M11A první patro – Lakovna základu

Při průchodu hotových karoserií ze svařovny M12 do lakovny jsou karoserie identifikovány nosiči dat. Nosiče obsahují kód typu karoserie a kód vrchního laku, kterým budou lakovány. Určený pracovník lakovny načte údaje z TPS štítku (viz kapitola 2.3) a vytiskne „kontrolní kartu lakovny“, kterou vloží do karoserie. Karoserie s vadnými díly určené k opravě jsou označeny závěskami „díl pozastaven“. Takto označené karoserie jsou vyřazeny z technologického toku linky do doby, než budou díly upraveny, nebo vyměněny. Náhradní díl je označen závěskou „díl k dalšímu zpracování“. Vstup do linky lakovny je charakterizován evidenčním bodem L100, po kterém následuje 9 pozic, které karoserie musí přejet, než se dostane na začátek linky VBH. Do systému lakovny je dodáváno tolik karoserií ze svařovny M12 kolik pojme zásobník KTL, který je umístěn v druhém patře lakovny M11A. Tento stav je aktualizován automatickým počítadlem.

Po příjezdu karoserie ze svařovny M12 následuje vstup do linky **VBH**, (Vorbehandlung: předúprava, příloha 2, poz.1), kde probíhá příprava pro katarforézu, očištění, odmaštění karoserie v ponorových a postřikových vanách a nanesení první antikorozií vrstvy (fosfátu) v množství 2-8 g/m². Na lince VBH platí, že karoserie se nesmí zastavit, aby nedošlo k jejich znehodnocení. Linka má 41 pozic a délku 250 metrů. Takt této linky musí být poloviční, než takt sušiček za linkou KTL (příloha 2, poz.7). Musí to být tak z důvodu plynulého běhu výroby, protože tuto linku projíždí oba typy vozů (Fabia i Octavia) společně a před linkou sušení KTL dochází k jejich rozřídění.

Po lince VBH následuje dopravník (příloha 2, poz.2). Pro případ poruchy je za linkou VBH nouzový zásobník o kapacitě 44 karoserií (příloha 2, poz.3). Nouzový zásobník má rychlost $v = 21\text{m/min}$. Procesní postup technologie výroby v oblasti linky VBH je zobrazen na Obr.13.



Obr.13, Linka VBH [5]

Linka **KTL** (Kathodische Tauchlackierung: katarforéza, příloha 2, poz.4). Na této lince je na karoserii nanášena druhá antikorozií vrstva (EC základu) v ponorové vaně pomocí elektroforézy (tloušťka vrstvy 18-25 μm , dutiny 12 μm). Katarforéza je elektroforézní metoda depozice laku, při které dochází k vyloučení rovnoměrného množství barvy na povrch lakovaného předmětu. Takt linky je také poloviční. Linka má 19 pozic a délku 115 metrů. Barva nateče i do dutin karoserie. Barva této karoserie po projetí této linky je bílá.

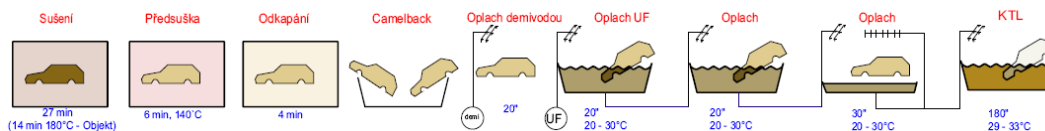
Mezi linkou KTL a Předsuškou KTL se nachází dopravník (příloha 2, poz.5), na kterém dochází k **odkapání** (4 min.) karoserií než najedou do **Předsušky** (příloha 2, poz.6, 140 °C) a **Sušky KTL** (příloha 2, poz.6, 180 °C). Současně tento dopravník může posloužit pro vyjetí karoserií z linky KTL, protože v něm karoserie nemohou zůstat v případě poruchy např. Sušky KTL, Předsušky KTL a Chladiče KTL. Od Předsušky KTL je tok karoserií rozdělen do dvou dopravníků. Počet pozic dopravníku je 22.

Linka Suška KTL (příloha 2, poz.7): na této lince dochází k usušení (vypálení) antikorozií vrstvy. V hale M11A se nacházejí dvě linky sušení KTL. Jedna má přednost pro karoserie typu A modelu a druhá je univerzální. Každá linka sušení má 20 pozic a karoserie získává světle žlutou barvu.

Chladič KTL (příloha 2, poz.8): slouží ke snížení teploty karoserie, po kterém pomocí zvedáku jede do sekvenčního zásobníku a dále na ruční pracoviště do druhého patra lakovny M11A.



Na této části linky M11A nejsou realizovány přestávky, protože je zde nepřetržitý provoz díky plné automatice a provoz linky začíná v neděli 20:30 a končí v pátek v 20:30. Procesní postup technologie výroby v oblasti KTL je zobrazen na Obr. 14.



Obr. 14, Linka KTL, [5]

4.1.3 Popis operací M11A druhé patro

Po provedení výše uvedených protikorozních ochranných v prvním patře M11A, karoserie vstupuje do zvedáku a dostává se do druhého patra lakovny M11A, kde se nacházejí následující linky:

Linka GAD, (příloha 2, poz.9, Grobabdichtung, hrubé utěsnění)

Po načtení identifikačního štítku vstupuje karoserie na EHB závěs a je provedeno hrubé utěsnění (utěsnění svarových spojů, podběhů, pokládání protihlukových i ochranných fólií před samotným nástřikem plastizolu.

Linka UBS, (příloha 2, poz.10, Unterbodenschutz, ochranný nátěr spodku vozidla)

Utěsnění a automatický nástřik spodku karoserie plastizolem pomocí čtyř robotizovaných boxů (těsnící a ochranný tmel). Plastizol se vyznačuje výbornou přilnavostí, životností ale především vysokou odolností proti korozi.

Linka FAD, (příloha 2, poz.11) (Feinabdichtung, jemné utěsnění)

Z karoserie se sejmou chrániče a ochranné pásy a následuje jemné utěsnění, dotěsnění karoserie plastizolem (jemné těsnící tmely na lemy, kapoty a dveře). V dalším kroku karoserie projíždí **Suškou plastizolu**, (příloha 2, poz.12) (náběhová teplota 135 °C, konečná 185°C), kde dojde k předželatinaci. V této sušce nesmí dojít k zastavení karoserií z důvodu znehodnocení plastizolu.

V této části linky se karoserie podrobí vizuální kontrole, po které vjíždí do sušícího tunelu, kde je zajištěno ztuhnutí nanášené hmoty z předchozích operací. Z tohoto úseku se karoserie dopravuje na úsek broušení.

Linka KTL broušení, (příloha 2, poz.13)

Poslední pracovní činností v M11A je broušení defektů KTL, včetně přípravy karoserie před nástřikem plniče. Broušením se z vrstvy KTL oddělují částice prachu, které by mohly v další části procesu způsobit nežádoucí poruchy. Na konci tohoto úseku je možné pomocí přepravního vozíku na skidy vyvézt karoserii z linky pro potřeby:

- Šrotování karoserie
- Auditu
- Výstav
- Oprav mimo linku (tzn. oprav, které nelze zvládnout během výrobního taktu linky) týká se oprav KTL= zabrousit zjištěné defekty mokrým brusným papírem a provést následné otření karoserie speciální utěrkou. Oprav zátek, lemů a oprav plastizolu = opravovanou plochu začistit pomocí škrabky a brusného papíru a následného zastříkání místa.

Linka KTL broušení vypíná na konci směny o 15 minut později z důvodu vyjetí sušky. Po tomto posledním kroku v druhém patře lakovny M11A se karoserie pomocí zvedáku dostane do prvního patra, kde pomocí dopravníků najíždí do lakovny M11B (příloha 2, poz.14).



Tento zásobník slouží jako přejezd mezi halami M11A a M11B. Je na něj možno umístit 46 karoserií. Na konci zásobníku je evidenční bod L200. Ihned za tímto bodem karoserie vjíždí do linky Plňiče.

	Ranní směna	Změna směny	Odpolední směna	Změna směny	Noční směna	Změna směny
A0 linka	9:30 – 10:00	5 min	17:30 – 18:00	5 min	01:30 – 02:00	5 min
UNI linka	10:00 – 10:30	5 min	18:00 – 18:30	5 min	02:00 – 02:30	5 min
		13:55 – 14:00		21:55 – 22:00		05:55 – 06:00

Tab.2, Směnový režim hala M11A, II patro

4.2 Základní informace o lakovně M11B, Mladá Boleslav

Pracoviště linky FU Vorbereitung (Příloha 6, poz.15) je vstupní částí do haly M11B a probíhají zde zejména základní čistící operace po předchozích operacích z M11A pro linku Plňiče (Příloha 6, poz.16). Jedním z takových je pracoviště EMU, kde pomocí pštrosích per se karoserie zbaví nečistot. Linka Plňiče slouží pro vyrovnání nerovností na povrchu karoserie před vlastní aplikací vrchního laku a jedná se tedy o mezivrstvu mezi základním lakem a vrchním lakem karoserie. Operace je prováděna deseti lakovacími roboty a dosahuje se tloušťka vrstvy 36-40 μm . Zároveň se na tomto pracovišti také provádí ruční dostřik nepřístupných partií karoserie. V současné době se používají tři druhy odstínů plňiče (bílý, červený, černý). Odstín plňiče se určuje od odstínu vrchního laku. Na konci linky Plňiče je ručně dostřikán povrch pátých dveří. Takto ošetřena karoserie putuje do sušky Plňiče. Následující linkou po aplikaci Plňiče je linka Sušení Plňiče: sušení probíhá při teplotě 140 °C. Linka Sušení Plňiče má dvě větve. Jedna větev je určena pro vozy A0 a druhá je univerzální, tzn. mohou se zde sušit vozy typu A4, A5 i A0. Linka Sušení je rozdělena na tři úseky (Příloha 6, poz.17). První úsek je tzv. Předsuška, kde dochází k předsušení Plňiče, po Předsušce následuje výtah, který karoserie dopraví k vlastní lince sušení. Na konci Linky Sušení je karoserie přesunuta do spodního patra kde vjede do třetího úseku tzv. chladicí zóny (Příloha 6, poz.18) s cílem snížení teploty karoserie pro následné operace. Na lince Plňiče a následné Sušce Plňiče platí pravidlo, že karoserie v těchto místech nesmí zůstat a je nutno její vyjetí v případě poruch na lince. Po ochlazení karoserie je cca 5% karoserií dopraveno na patro 0 [m], kde se provádí mokré broušení (Příloha 6, poz.19), (nyní se používá jako zásobník), na kterém se odstraňují defekty. Tento zásobník se využívá jen při celkovém zaplnění systému lakovny nebo pro vybrané vozy. Pokud karoserie vyžaduje speciální odstín laku tak vstupuje na linku Fleet, (Příloha 6, poz.20), 0 [m] na kterou vstupují také fleet karoserie z Kvasin, tato linka disponuje 256 různými odstíny pro speciální přání zákazníka. Celková denní produkce fleet karoserií je cca 0,1%. Nejede-li karoserie do zásobníku mokrého broušení, tak pokračuje výtahem do zásobníku před vrchní lak. Další pokračování karoserií směřuje pomocí zvedáků na patro 11,4[m], kde se pomocí dopravníků karoserie dostávají do zásobníku třídění barev (Příloha 6, poz.21). Princip tohoto zásobníku spočívá v hledání stejně barevných bloků karoserií pomocí informací z čárového kódu a tak dosažení úspor při výměnách různých barev (je nutno vždy provádět proplachy). Pracoviště třídění barev jsou rozdělena podle typu vstupu karoserií a toto rozdělení má další návaznost na řízení toku karoserií v systému lakovny. Linky jsou rozděleny: A0 linka (Příloha 6, poz.22): 80% A0, 1% A4. UNI linka (Příloha 6, poz.23): 20% A0, 99% A4, 5% A5, 100% omývky. Třetí



linka (Příloha 6, poz.24): 95% A5. Pro každou linku platí také jiné přestávkové režimy (Viz Tab.3).

	Ranní směna	Odpolední směna	Noční směna
Třetí linka	10:00 – 10:30	18:00 – 18:30	02:00 – 02:30
UNI linka	10:30 – 11:00	18:30 – 19:00	02:30 – 03:00
A0 linka	09:30 – 10:00	17:30 – 18:00	01:30 – 02:00

Tab.3, Přestávkové režimy na Třetí, Uni, A0 a dokončovací linky M12B

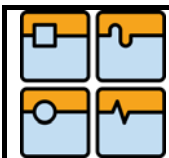
Po projetí zásobníky třídění barev a vytvoření tak barevných bloků karoserie zvedáky klesají na patro 5,7[m] a dostávají se na linku BC Decklack kde se v první části této linky aplikuje základní lak karoserie ručním nástřikem barevného odstínu interiérových partií (falce dveří, motorový prostor, atd.) po kterém se aplikuje ESTA zařízením a robotovou stanicí metalického nástřiku daný barevný odstín (tloušťka vrstvy 12-30 μm). Po průjezdu Meziusuškou při teplotě 70°C, dojde k částečnému zaschnutí karoserie, následuje aplikace bezbarvého laku (CC Decklack). Zde je proveden opět ruční nástřik interiérových partií a strojní aplikace ESTA zařízením (tloušťka vrstvy 35-45 μm). Vlastní linka vrchního laku (CC Decklack) je rozdělena na 4 úseky. V prvním úseku dochází k zalepení šroubů a ucpání otvorů se závity kam nesmí přijít vrchní lak z důvodu zanesení závitu těchto spojů a nemožnosti další montáže. Dále následuje očištění od prachu a nečistot. V druhém úseku je proveden nástřik laku robotizovaným pracovištěm ESTA, v dalším úseku je prováděna kontrola a na čtvrtém úseku jsou z karoserie odstraněny ucpávky ze závitů. Na linkách BC i CC Decklack a Suškách se nesmí karoserie zastavit kvůli technologii výroby a tak možnému znehodnocení laku z důsledku dlouhého setrvání na této lince.

Následuje sušení vrchního laku (Příloha 6, poz.25, vypálení v suškách na patře 11,4[m], 140°C). Každá suška má za sebou bezpečnostní výjezdový zásobník (Příloha 6, poz.26), který se používá jen při poruše za suškou, nebo na konci směny apod., aby nedošlo k porušení karoserií vlivem přerušení a tím k jejímu znehodnocení. Kapacita zásobníku je tak velká, aby pojala kapacitu celé sušky. Po ochlazení následuje kontrola lakovaného vozu na dokončovací lince (Příloha 6, poz.27). Provádí se zde závěrečná kontrola kvality nástřiku a doleštění nalakované karoserie. Průchodem karoserie pracovištěm konečné kontroly vrchního laku provede určený pracovník kontrolu povrchu a vnitřku celé karoserie a vyhledané závady nechá odstranit. Během dokončovacích procesů jsou na karoserii speciálními fixy značeny defekty laku za účelem oprav a informování systému kontroly, který se nachází na konci linky a rozhoduje zda-li karoserie získává atribut: SpotRepair, Nacharbeit, nebo InOrdnung. Vzhledem k tomu že každá dokončovací linka má dvě větve musí být takt oproti sušce vrchního laku dvojnásobný.

Je-li karoserie v pořádku (InOrdnung), pokračuje výtahem do spodního patra lakovny. Po výjezdu z výtahu je karoserii přidělen status L400 (konec lakovny). Karoserie je potom zaskladněna do sekvenčního zásobníku (Příloha 6, poz.28). V sekvenčním zásobníku může být uskladněno až 192 karoserií. Karoserie může být v zásobníku libovolně dlouho. Část karosérií je vyjmuto (Příloha 6, poz.29) a slouží pro potřeby auditu, který slouží zejména pro vnitřní kontrolu lakovny (cca 4 až 5 karoserií za směnu).

4.2.1 Sekvenční zásobník

Nejčastěji je Sekvenční zásobník konstrukčně řešen jako regálový sklad, u kterého je karoserie uskladňována pomocí regálového zakladače. Přeprava karoserie je realizována pomocí skidového dopravníku, který uskladňuje do jednotlivých buněk pomocí vlastního řídicího systému, s cílem dosažení maximální efektivnosti celého systému (vhodné umístění



karosérií do jednotlivých buněk dle aktuální obsazenosti zásobníku). Tento systém komunikuje s nadřazeným řídicím systémem FIS. [8]

4.2.2 Základní funkce sekvenčního zásobníku

1. Pozdržení karoserie určitého typu na určitou dobu, např. z důvodu dodržení JIT času určitého dílu dodávaného pro danou karoserii na linku montáže
2. Zabezpečení proti rizikům vznikajících během výrobního procesu: nepředvídatelné prostoje (svařovny, lakovny a montáže), rozdílné přestávkové a směnové režimy navazujících výrob, rozdíly v směnové produkci jednotlivých modelů apod.
3. Sekvencování karosérií tak, aby bylo možno: vytvářet požadované bloky stejné barvy pro linku plňiče a vrchního laku, optimálně vytižít jednotlivá pracoviště montážní linky, dodržovat plánovaný denní program (karoserie pozdržované v lakovně z důvodu repase upřednostnit), vytváření sekvencí mezi zakázkami místními a expedovanými.
4. Pozdržení karoserie určité barvy, která je z důvodu technologických problémů v lakovně v restrikci (karoserii je nutno pozdržet z důvodu nedodání příslušného dílu na montáž, jinak by hrozilo zastavení montážní linky). [8]

Kapacita a konstrukční řešení zásobníku musí být navrženo tak, aby všechny tyto funkce bylo možné dodržet. Pokud je karoserie se závadami (do velikosti dlaně) je nutné provést opravu v ručních boxech Spotrepair. Pokud je oprava větší jak velikost dlaně, tak je karoserie odeslána na panelové opravy. Pokud je karoserie zhodnocena jako Nacharbeit (nutno dodatečné operace), tak je poslána také na linku Broušení plňiče. V případě překročení povolené celkové hranice jednotlivých nanesených vrstev (max. je 150 mikrometrů) je karoserie určena do šrotu. Při překročení této hranice obvykle hrozí odtrhnutí části laku již v procesu montáže, nebo v průběhu používání automobilu.

V okamžiku přijetí požadavku na daný typ je karoserie vyskladněna ze sekvenčního zásobníku, naložena do výtahu a jede do nejvyššího patra lakovny. Po vyjetí z výtahu dostává karoserie v horním patře status M000 a M100. Status M000 dostávají všechny karoserie, které vyjíždí ze sekvenčního zásobníku. Status M100 dostávají pouze karoserie jedoucí na montážní halu M13. Z výtahu karoserie vyjíždí na dopravník, který ji doveze na most D13. Po klesnutí výtahu se karoserie dostává na linku dekoru, která je již součástí vlastního mostu D13A a za touto linkou jsou pracoviště konzervace a zaplavování. Na těchto dvou linkách se pomocí vosku konzervují dutiny v karoserii avšak na každé jiným způsobem. Na lince konzervace ručně a na lince zaplavování pomocí moderního automatického zařízení. Linka zaplavování je rozdělena do 3 částí, jsou to: předehřívání, vlastní zaplavování a naklápění, okapávání, a čištění. Při procesu konzervace dutin se do dutin karoserie vstříkne předem stanovené množství vodou ředitelného vosku, který plní antikorozi účinky. Z mostu jsou také svěšovány nalakované vozy, které putují na montáž do Vrchlabí a Indie. V okamžiku svěšení tyto vozy dostávají status M050.

4.2.3 Most na montáž

Tento most lze rozdělit na dvě části. Jsou jimi dopravník ze sekvenčního zásobníku, který se ještě nachází v hale lakovny M11B a vlastní most který se nachází v hale s označením D13. Na mostě je umístěna linka dekoru (stejná pro oba typy) na které se přidávají ozdobné dílce (lišty dveří, označení modelu, typu a motorizace razí se VIN číslo, takt pracoviště dekor a linka konzervace a linka zaplavování. Procesní postup lakovny M11A a M11B je součástí přílohy 9 a přílohy 10 na kterých je znázorněn tok materiálu a oblasti v kterých se odlišným způsobem realizují přestávky (najetím mezery, okamžitým zastavením linky).

4.3 Tvorba simulačního modelu lakovny M11A

Cílem tohoto modelu je ověření průchodnosti lakovny M11A, nalezení úzkých a problémových míst a jejich následné odstranění

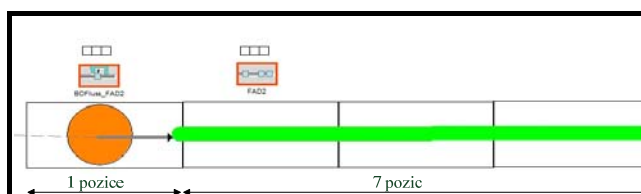
4.3.1 Modelový mix

Důležitým vstupním údajem pro simulační model je poměr vstupujících typů karosérií, které se v lakovně pohybují. Pro současný stav platí, že varianta karoserie A05 má podíl na vstupu 56%, karoserie A4 6% a karoserie A5 38%. Hlavním ztížením je právě velikost poměru vstupu karoserie A5, která se musí dostat pouze na jeden typ dopravníku od oblasti Sušky KTL až do konce linky M11A. Ostatní dva typy karosérií jsou rozdělovány podle aktuálního vytížení linky a jejich pozice je tedy určena tak, že pokračují tam, kde je volná pozice.

4.3.2 Takty linek

Pro jednotlivé dopravníky a pracoviště v lakovně M11A existují takty a směnové režimy, které jsou snadno parametrizovatelné pomocí externího software MS Excel s kterým SimPro komunikuje. Další vlastnosti prvků v modelu jsou editovatelné v jednotlivých vlastnostech prvku (Parameter Maske).

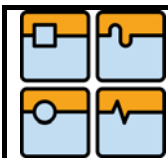
Každé pracoviště v modelu na kterém je nastaven takt výroby je zobrazeno pomocí BS (viz Obr.15) Bearb_i_DFluss (BDFluss_FAD2) a Strecke(FAD2). Na objektu BDFluss_FAD2 je nastaven takt linky, který je parametrizovatelný přes MS Excel a na následujícím pracovišti je nastavena délka, kapacita a rychlost linky, která je vypočítána z taktu (Tab.4).



Obr.15 Princip taktu linky v SimPro

Linka Takt		KTL					UBS	
		VBH	KTL	Suška	GAD	UBS	FAD	Suška
(1950kar/den) [sec]		37	36	71	72	71,5	71	71
Takt								
(1950kar/den) [min]		0,6166	0,6	1,1833	1,2	1,1916	1,1833	1,1833
Počet pozic		41	18	20	14	10	11	9
Délka linky [m]		250	115	99,7	N/A	N/A	N/A	N/A
Délka skidu [m]		6	6	4,7	6	6	6	4,7
Rychlost dopravníku (v=s/t)	m/mi n							
		9,8270	10, 1	4,0115	5,05	5,0853	5,1211	4,0115 5,1211

Tab.4 Lakovna M11A a rychlosti linek



4.3.3 Princip pohybu karosérií v systému

Princip pohybu BEO objektů v lakovně M11A je realizován podle Obr.17. Jednotlivé karoserie se pohybují v dopravníku do míst, kde je volná pozice. Druhým principem pohybu je tzv. semikontinuální pohyb (Obr.16), kde se společně pohybují všechny karoserie v rámci jedné dopravníkové tratě a nevznikají tak žádné volné pozice.



Obr.16 Společný pohyb všech karosérií v rámci jedné dopravníkové tratě



Obr.17 Pohyb karosérií do volné pozice

4.3.4 Oblasti sledování aktuální obsazenosti

Z důvodu technologie lakování není možné, aby karoserie v kterokouliv dobu zůstala stát zablokována v oblastech VBH, KTL a Sušek. Pokud by k tomu došlo, tak karoserie by musely být vyřazeny z důvodu přepálení, nebo utopení v lázni. Tomuto problému se předchází sledováním maximálního množství karosérií v daných oblastech. Pokud dojde k překročení daného limitu počtu karosérií, tak se zablokuje vstup do dané linky. Princip sledování této kapacity v daných oblastech spočívá postupným inkrementováním proměnné na vstupu do dané oblasti a postupným dekrementováním této proměnné při opouštění této oblasti. Oblasti, v kterých je nutné sledovat aktuální velikost obsazenosti jsou parametrizovatelné přes tabulku SimPro- ParameterVariablen. Oblasti v kterých je sledována aktuální obsazenost:

1) Oblast VBH

Pokud dojde k blokaci KTL, tak se karoserie přesouvají do zásobníku před KTL, který disponuje 59 volnými pozicemi a postupnými přejezdy podle vytížení. Při překročení (snížení) určité hodnoty karosérií v dané oblasti se zablokuje (otevře) vstup linky VBH. Po následném otevření vstupu VBH po blokaci vstupují karoserie do linky KTL ze zásobníku do té doby dokud nepřijdou nové karoserie z otevřené linky VBH. Jedná se o první místo v lakovně M11A kde může dojít k potenciálnímu zamíchání karosérií.

2) Oblast KTL

V této oblasti pro částečný bezpečný výjezd v případě poruchy slouží linka Odkapání, která disponuje 22 pozicemi. Tato kapacita zdánlivě stačí pro kompletní výjezd linky KTL v případě, že se nebere v úvahu rozpracovaná výroba, která se na lince Odkapání mění. Důvodem kolísání je rozdělování typu karosérií na příslušnou linku, tedy karoserie A5, která musí vstoupit do jedné konkrétní větve. Dalším důvodem jsou evidované prostoje na lince KTL suška. Díky těmto faktům je nutné pro bezpečný výjezd všech karosérií použít řídicí logiku pomoci Modula. Viz kapitola 4.3.5.

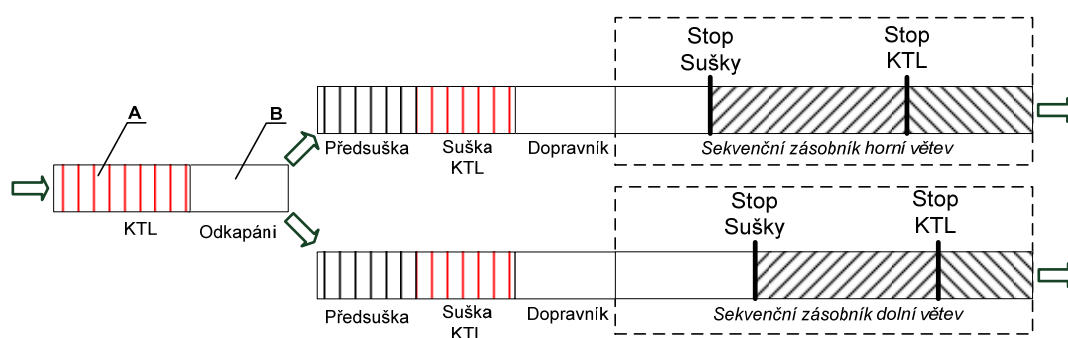
3) Oblast Sušky KTL s Sušky UBS

Pro oblast Sušky KTL slouží pro bezpečný výjezd Sekvenční zásobník, který poskytuje kapacitu pro kompletní výjezd prvního patra lakovny M11A. Tohoto stavu se využívá na konci směny v pátek (vyjede kompletně první patro M11A). Pokud během provozu dojde k určité míře zaplnění Sekvenčního zásobníku, tak se uzavírá vstup na linky Sušky KTL čím se celá Suška KTL bezpečně vyjede. Oblast Sušky UBS funguje na stejném principu jako Suška KTL a při překročení limitujícího množství karoserií na úseku vstupu do Sušky UBS a výstupu do lakovny M11B je uzavřen vstup na linku Sušky UBS.

4.3.5 Logika řízení v jednotlivých oblastech

Řízení v oblasti lakovny M11A je v současné době realizováno pomocí dispečera, který se stará o plynulý běh karoserií v lakovně. Při vytváření simulačního modelu byla zjištěna nadměrná blokáce v oblasti linky Odkapání (rozdělení jednolinkového dopravníku na dvoulinkový dopravník se zohledněním maximálního vytížení a podmínky vstupu karoserie A5 pouze na jeden druh linky) způsobena nedostatečnou logikou řízení, která byla následně dopsána v programu SimPro. Dalším separátním problémem bylo řešení vyjetí linky KTL z důvodu rozpracované výroby a tedy nedostatku volných pozic pro kompletní vyjetí všech karoserií do oblasti linky Odkapání. Tento problém byl vyřešen také pomocí logiky řízení SimPro. Vývojový diagram je zobrazen v příloze 11.

- Vyjždění linky KTL (Pozice A)
- Rozdělování karoserií na lince Odkapání (Pozice B)

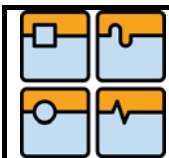


Obr.18 Zjednodušený detail řízení lakovny. Červeně vyznačená oblast značí místo, kde se karoserie nesmí zastavit.

4.3.6 Parametrizace simulačního modelu

V modelu lakovny M11A vystupuje řada parametrů, které ovlivňují běh simulované linky. Parametry používané v software SimPro můžeme v modelu rozdělit na: [6]

- Deterministické parametry
 - Parametry struktury: mění celkovou strukturu modelu – např. jedna nebo dvě montážní linky apod.



- Parametry funkční: mezi funkční parametry patří např. definování přestávkových režimů, definování taktů pro jednotlivé směny, apod.
- Stochastické parametry
 - Pomocí stochastických parametrů se definují např. prostoje na pracovišti. Patří zde parametr MTBF (střední doba mezi prostoji) a MTTR (střední doba trvání prostoje), pomocí kterých se určuje využitelnost daného pracoviště (viz další kapitola)

Všechny zmíněné parametry je možné zadávat přímo v prostředí Excel (Tab. 5) a provést tak automatickou parametrizaci celého modelu, která proběhne během několika sekund.

Název		SIMPRO název Objektu	Typ "BS" "Listen"	Maskenteil	Základ	Ver1	Exp1	Exp2
VBH Linka - takt	[s]	BDFluss_VBH	BS	Funktion	37	37	42,254	37
VBH Linka - rychlost	[m/min]	Takt_VBH	BS	Funktion	9,83	9,83	8,61	9,83
KTL Linka - takt	[s]	BDFluss_KTL	BS	Funktion	36	36,8	42,0256	36,8
KTL Linka - rychlost	[m/min]	LINKA_KTL	BS	Funktion	10,10	9,88	8,65	9,88

Tab. 5 Parametrizovatelná tabulka v MS Office

4.3.7 Analýza výstupních dat ze simulačního modelu

4.3.7.1 Průchod karoserie evidenčním bodem

Evidenční bod je místo na kterém se identifikuje karoserie v průběhu výroby vozu. Tyto body jsou rozmístěny od svařovny až po expedici hotového vozu.

Po proběhnutí simulace je možné získat na základě definovaných evidenčních bodů grafické znázornění průchodů jednotlivých karosérií tímto bodem. Jedná se o grafické znázornění času průchodu karoserie evidenčním bodem, kde na osu x je vyneseno čas průchodu a na osu y datum průchodu karoserie evidenčním bodem. Z grafického znázornění je možné získat přehled o typu směnového režimu, počtu směn, stanovených přestávek (pauza na oběd, víkendy), množství prostojů. Je také možné vycházet ze získaných výrobních dat zaznamenaných přímo pomocí scanneru na jednotlivých evidenčních bodech, kterými přijdou karoserie za určité období. Čas průchodu karoserie evidenčním bodem je zaznamenán scannerem (datum + čas) a uložen do databáze. [6]

Evidenční bod je třeba správně zvolit, nejlépe na začátku a na konci provozů. Zde nedochází k častému řetězení prostojů jednotlivých provozů, protože před a za provozem jsou dostatečně velké zásobníky. Ukázka zapsaných údajů ve formátu *.txt z evidenčního bodu v lakovně:

01.01.2009 21:00:00;A05;100001;L100;
01.01.2009 21:00:37;A5;200001;L100;

Zapsaná data vypovídají o průchodu BEO objektu daným evidenčním bodem a obsahují následující položky: Datum, Čas, Varianta BEO objektu, Identifikační číslo BEO objektu a název evidenčního bodu. V simulovaném období jednoho měsíce bylo zaznamenáno 44700 záznamů z jednoho evidenčního bodu. V aplikaci Analyzátor výroby Škoda Auto a.s. lze s těmito daty dále pracovat. Po importu dat do aplikace se vyplní struktura tabulky, do které se zapíší vstupní data, s kterými aplikace dále pracuje a nastaví časové ohraničení pro dané průchody karosérií (Tab.6).



DIPLOMOVÁ PRÁCE

	Datum	Čas	Datum	Čas
Po	8.1.2009	20:30:00	9.1.2009	20:30:00
Út	9.1.2009	20:30:00	10.1.2009	20:30:00
St	10.1.2009	20:30:00	11.1.2009	20:30:00
Čt	11.1.2009	20:30:00	12.1.2009	20:30:00
Pá	12.1.2009	20:30:00	13.1.2009	20:30:00

Tab. 6 Časové ohraničení v Analyzáru výroby Škoda Auto a.s

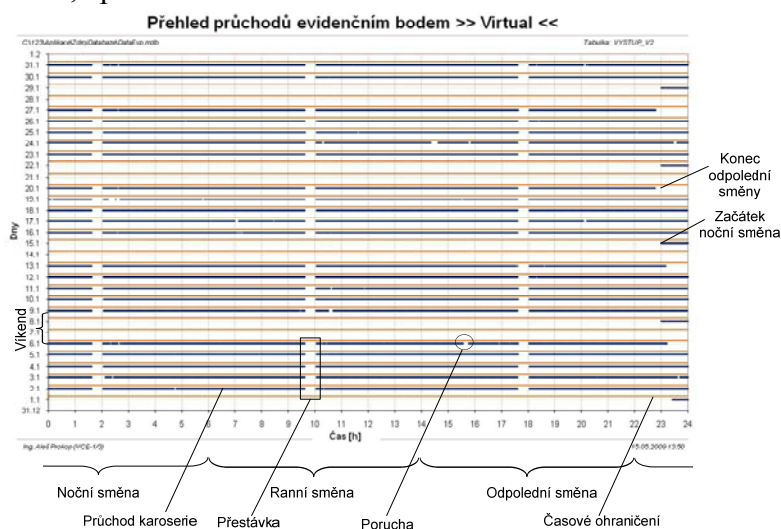
(*OD.DO*>. Ukázka časového rozpětí výroby z jednoho týdne je zobrazena na obr. Čas od kterého interval začíná je nastaven na 21:00 z důvodu začátku výroby na lince M11A na prvním patře (VBH linka).

4.3.7.2 Verifikace a validace modelu

Analýza výstupních dat:

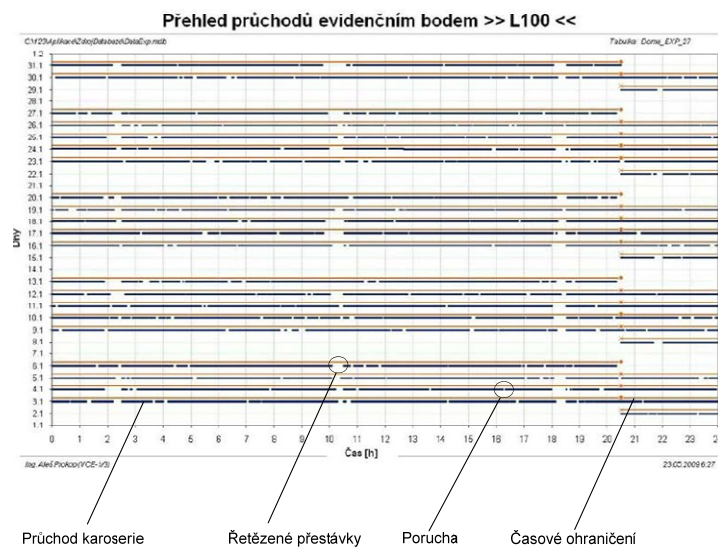
a) Průchody evidenčním bodem

Základním ukazatelem pro analýzu výrobní oblasti je průchod karoserie na daném evidenčním bodě. Pro vhodné umístění evidenčního bodu byla vybrána místa na začátku a na konci lakovny M11A. Před lakovnou M11A je dostatečně velký zásobník, díky kterému pak nedochází k častému ovlivnění řetězení prostoje na předchozích provozech (svažovna). Díky tomuto je možné vzniklé prostoje v oblastech s evidenčním body přikládat samotnému provozu. Na konci linky M11A a začátku linky M11B je v modelu umístěn evidenční bod Virtual. Při analýze času průchodů karoserií evidenčním bodem Virtual lze získat informace o směnovém režimu, přestávkovém režimu, vzniklých prostojích na lince, průchody karoserie mimo evidenční dobu, apod.

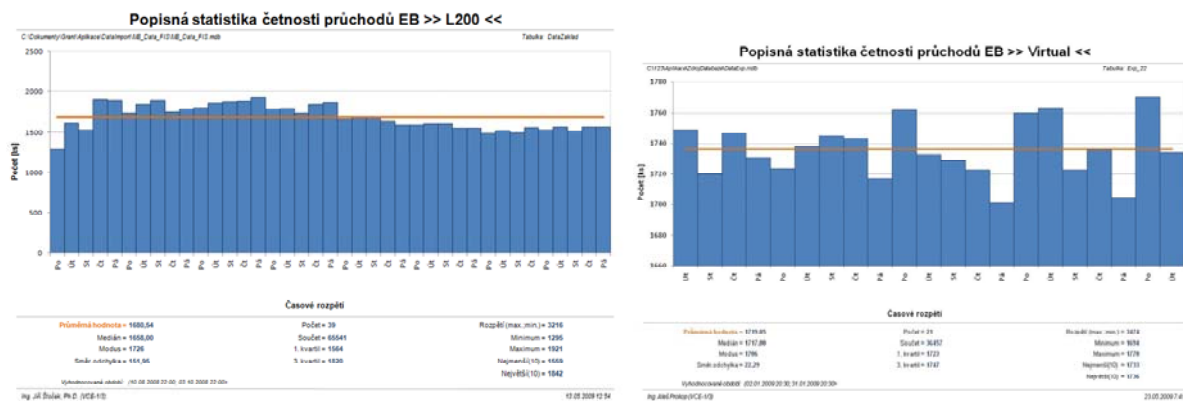


Obr. 19, Měsíční časové ohraničení

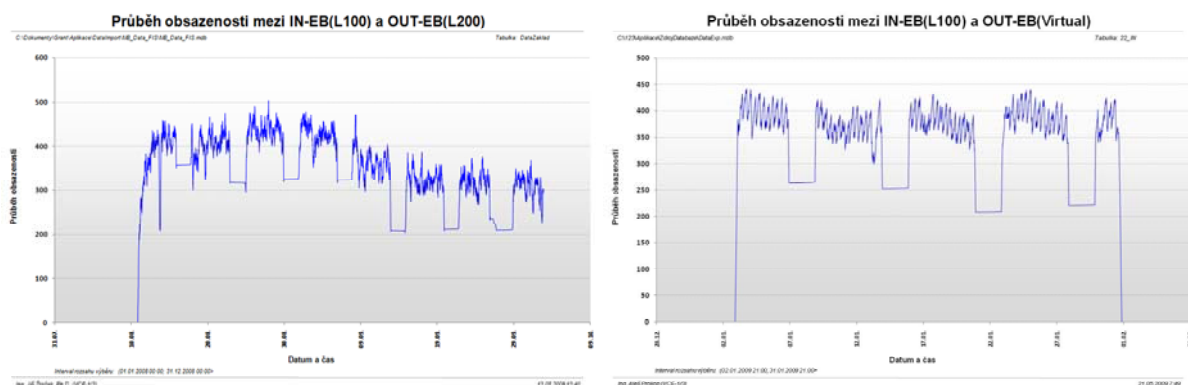
DIPLOMOVÁ PRÁCE



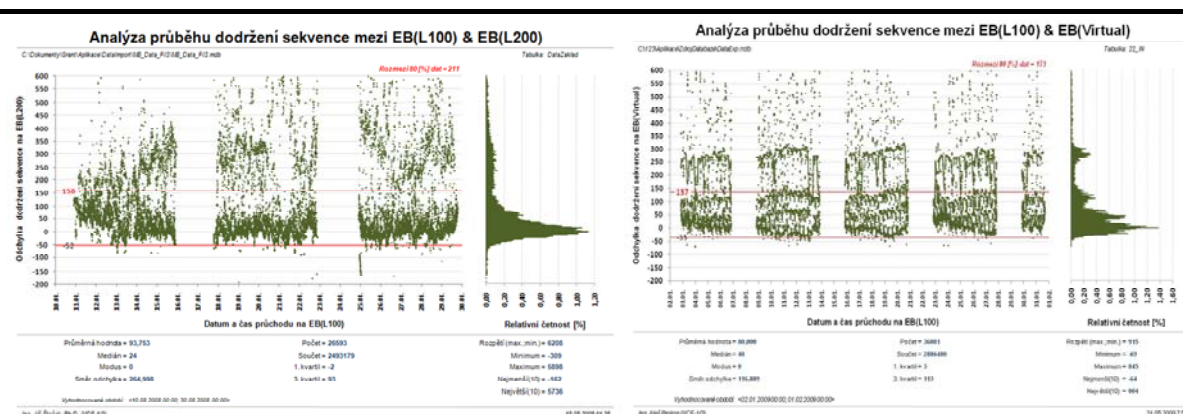
Obr. 20, Reálné časové ohraňení



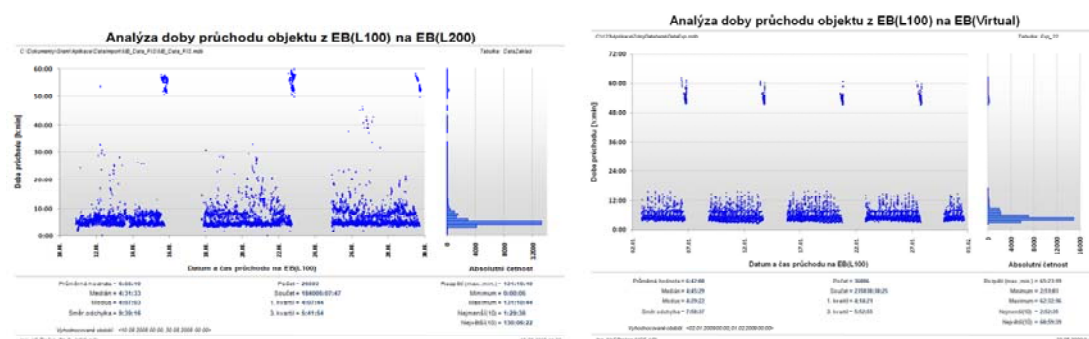
Obr. 21, Reálná a simulační data Lakovna M11A. Průchody EB L200 (Virtual)



Obr. 22. Reálná a simulační data Lakovna M11A. Průběh obsazenosti systému



Obr. 23 Reálná a simulační data Lakovna M11A. Analýza dodržení sekvence výroby.



Obr. 24 Reálná a simulační data Lakovna M11A. Analýza doby průchodu výroby.

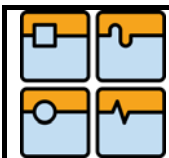
Z uvedených grafických výstupů z reálné produkce lakovny M11A Mladá Boleslav a výstupů ze simulačního modelu této lakovny vykazuje model následující vlastnosti:

b) Četnost průchodů

Četnost průchodů ve sledovaném období 21 pracovních dnů dosahuje vyšší míry než reálná produkce sledovaného období 39 dnů. Rozdíl produkce, která zřejmě také souvisí s výkyvy v denní produkci o 76 karoserií má možnou příčinu logiky řízení systému v oblasti sekvenčního zásobníku, která zastavuje linky VBH, KTL a Sušky z důvodu maximálního zaplnění bezpečného výjezdu. Kolísání v denní produkci je zřejmé nejvíce v období pondělí a pátku kdy se spouští a zastavuje výroba z důvodu dnů volna (sobota a neděle). I přes průměrné rozdíly v denní produkci lze považovat simulační model jako schopný se blížit realitě. V grafech si lze povšimnout dynamiky systému způsobeného prostoji, směnovými režimy apod.

c) Průběh obsazenosti

Graf průběhu obsazenosti vypovídá o množství karoserií, které se v daný okamžik v systému nachází. Data z reálné produkce vykazují značný rozdíl kolem data 8.8.2008 kdy právě docházelo k ponížení produkce výroby z důvodu globální finanční krize. Pokud tedy porovnáme data před ponížením produkce s daty ze simulačního modelu, tak se simulační model správně přiblížil k reálné obsazenosti systému. Model vykazuje mírně menší obsazenost než realita a tento fakt bude mít spíše za následek kratší dobu průchodnosti systémem. Jednotlivé pravidelné propady obsazenosti jsou způsobeny dny volna (sobota a neděle), kdy lakovna M11A nejede a v systému zůstává takové množství karoserií, které se vlezou do výjezdového zásobníku.

**d) Analýza průběhu dodržení sekvence**

Další důležitou analýzou je dodržení sekvence v průběhu zakázky. Tato analýza vypovídá o sledování jednotlivých vlastností zakázek rozložených v takovém pořadí, které bylo sledováno při průchodech karoserií na daných evidenčních bodech. Jednotlivými vlastnostmi zakázek můžeme rozumět např. model vozu, barva vozu, typ karoserie apod. Porovnáním výstupů z reálné produkce a simulačního modelu dosahuje simulační model menší zamíchání karoserií hodnotou 80% dat ležících kolem hodnoty 173. Zajímavým ukazatelem v modelu je také výskyt zamíchání karoserií kolem hodnoty 270 zřejmě blokacemi linky KTL a využití bezpečnostního zásobníku mezi linkou VBH a KTL.

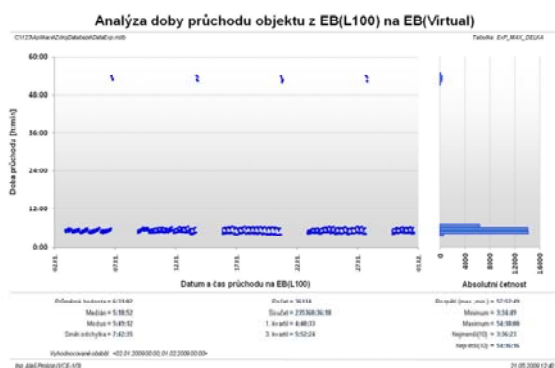
e) Analýza doby průchodu

Posledním sledovaným ukazatelem je analýza doby průchodu karoserií mezi evidenčními body. Model lakovny dosahuje nižší doby průchodu výroby o 13 minut. Důvodem je rychlejší průjezd přes dopravníky na konci lakovny a možné menší zaplnění sekvenčního zásobníku a tedy kratší cesta v zásobníku. Hodnota mediánu modelu lakovny je rovna 4hod 45min a medián reálné lakovny má hodnotu 4hod. 31min.

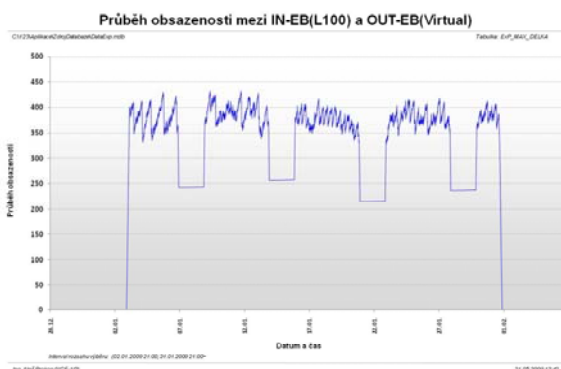
Díky těmto sledovaným parametrům, které jsou porovnány s reálnými parametry z reálné produkce lakovny M11A lze brát simulační model lakovny M11A jako validován a blízký se realitě. Následujícími kroky lze tedy přistoupit k jednotlivým experimentům se simulačním modelem lakovny.

4.3.8 Experimenty s modelem**• Maximální délka dráhy pohybu karoserie**

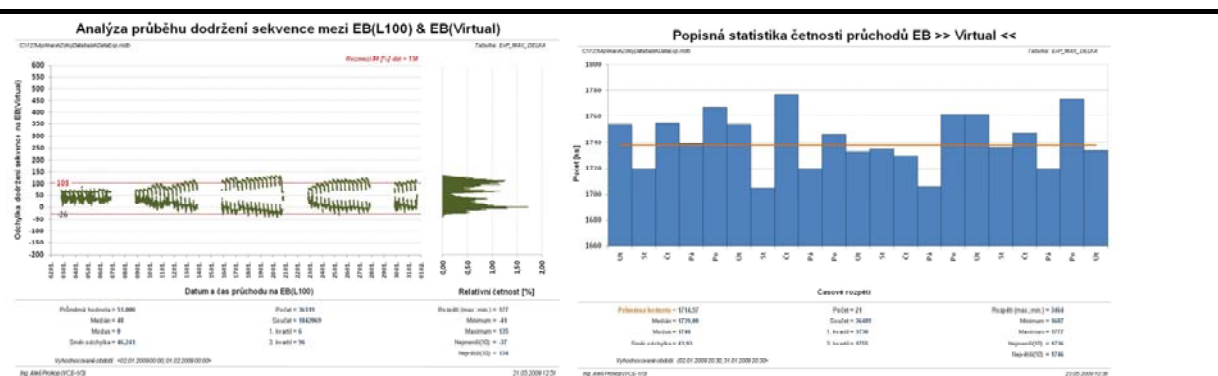
Jako první experiment byla zvolena maximální délka pohybu karoserie po lakovně M11A. Svým způsobem se jedná o princip pohybu FIFO po lakovně M11A pokud neuvažujeme rozdělování karoserií za linkou odkapání. Jedná se tedy o průjezdy všemi zásobníky v lakovně M11A v prvním i druhém patře (vyjížděcí zásobník před linkou KTL a sekvenční zásobník před linkami ručních operací GAD, FAD, apod.) s cílem zjištění časové změny průchodu karoserie systémem. Jedná se tedy o kritické stavy výroby, kdy dochází k úplnému zaplnění a karoserie nevyužívají v zásobnících mezipřejezdy.



Obr.25 Exp1, doba průchodu



Obr.26 Exp1, průběh obsazení



Obr.27 Exp1, dodržení sekvence

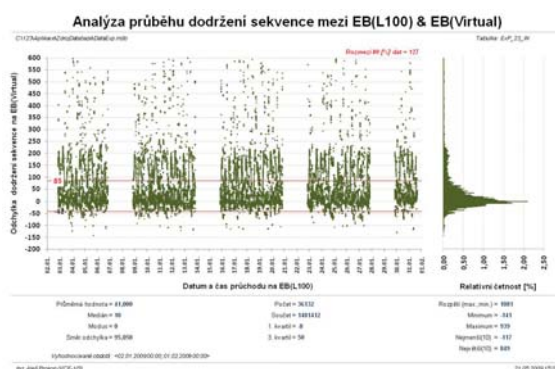
Obr.28 Exp1. četnost průchodů

Při analýze výstupních dat z tohoto experimentu lze zjistit, že doba průchodu karoserií lakovnou M11A má podstatně menší rozpětí četnosti průchodů. Průměrná doba průchodu karoserie je tedy ustálenější veličinou a její velikost je 6hod.31 min, což je o 24 minut méně než doba průchodu reálné produkce lakovny a o 11 minut méně než u produkce vytvořeného modelu. Hodnota mediánu modelu dosahuje hodnoty 5hod. 18min. a hodnota validovaného modelu 4hod. 45min. Tyto hodnoty jsou dosaženy samotným principem tohoto experimentu, tedy tím že každá karoserie vykonává stejnou dráhu pohybu a o časové změny průchodu karoserie se stará logika řízení, prostoje a směnové režimy.

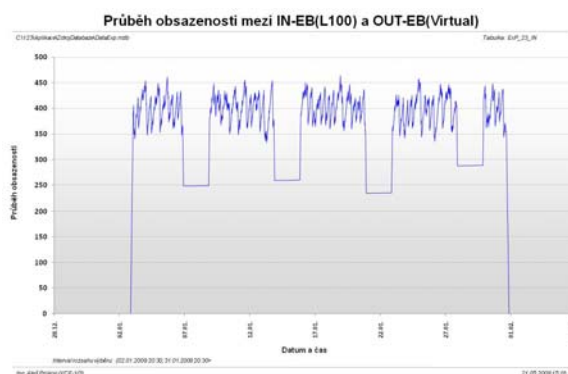
Celková produkce systému je nižší o 5 karoserií než u validovaného modelu lakovny. Důvodem dosažené nižší produkce je zřejmá delší dráha pro pohyb karoserií. Průběh obsazenosti v systému lakovny má podobný charakter jako validovaný model lakovny. Značnou výhodou u toho experimentu je hodnota dodržení sekvence výroby. Ze samotného principu této metody je zřejmé, že dochází k minimální hodnotě míchání karoserií a to pouze v místě rozdělování karoserií v oblasti linky Odkapání a Předsušky. Hodnota dodržení sekvence výroby je také závislá na celkovém zaplnění systému a více zaběhlý systém vykazuje nižší hodnotu zamíchání karoserií.

- **Paralelní linky linky Předsušky**

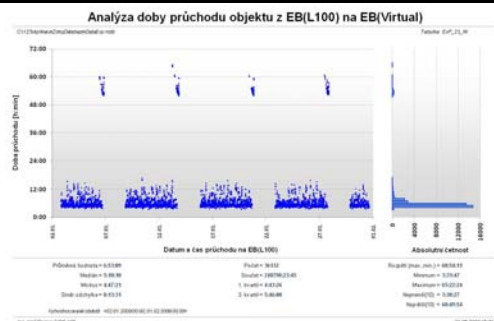
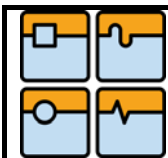
Na základě předchozího experimentu byla zkoumána hodnota zamíchání karoserií vlivem vypnuté logiky rozdělování karoserií na konci linky Odkapání a na začátku linek Předsušky. V samotném procesu jsou karoserie rozdělovány podle principu popsaného v předchozí kapitole, tedy karoserie A5 musí vstupovat na jednu konkrétní linku Předsušky, ostatní typy karoserie jsou rozdělovány podle maximálního vytížení průchodu a jsou rozdělovány na obě linky Předsušky.



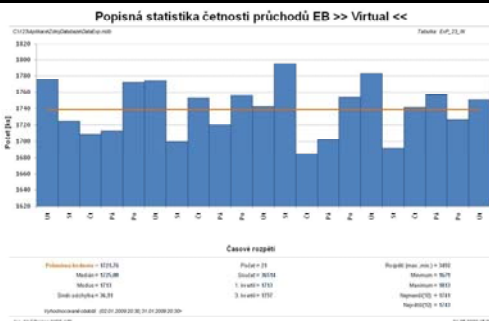
Obr.29 Exp2, dodržení sekvence



Obr.30 Exp2, průběh obsazení



Obr.31 Exp2, doba průchodu

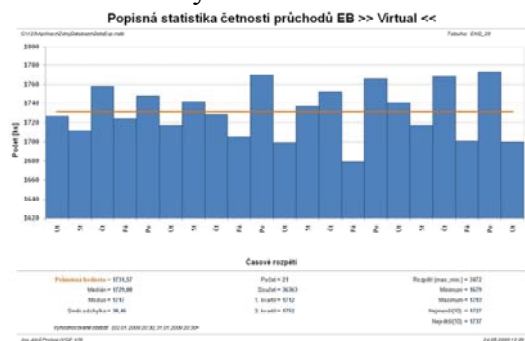


Obr.32 Exp2, četnost průchodů

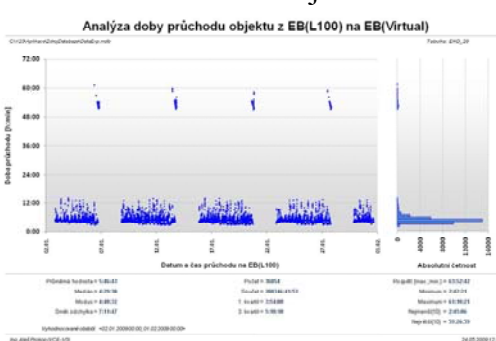
Podle předpokladů v tomto experimentu se výrazně snížila (zlepšila) hodnota dodržení sekvenční karosérií (průměrná hodnota 41, validovaný model 80, medián 10, validovaný model 40). Je tedy zřejmé, že na značné míře hodnoty dodržení sekvenční karosérií má vliv právě způsob rozdělování karosérií v systému na lince Odkapání. Při analýze obsazenosti systému dokáže systém pojmout větší obsazení karosériemi. Důvodem je maximální propustnost v oblasti paralelních linek, kde nedochází k žádnému pozdržování karosérií vlivem předchozího logického rozdělování (předchozí způsob rozdělování karosérií spočíval v přibrzdění linky Odkapání v případě, že by karoserie A05 nebo A4 měla blokovat výstup pro karoserii A5). Tento experiment také dosahuje vyšší propustnosti systému a to průměrnou hodnotou četnosti průchodů 1721 karosérií/den, což je o 2 karoserie více, než validovaný model lakovny. Důkazem správně proběhlého experimentu je náhled na Obr.31, kde analýza doby průchodu karoserie má vyšší hodnotu o 11 minut než u validovaného modelu lakovny. Důvodem jsou právě průjezdy karosérií všemi zásobníky.

• Odlišná logika řízení v oblasti linky KTL a Sušek KTL

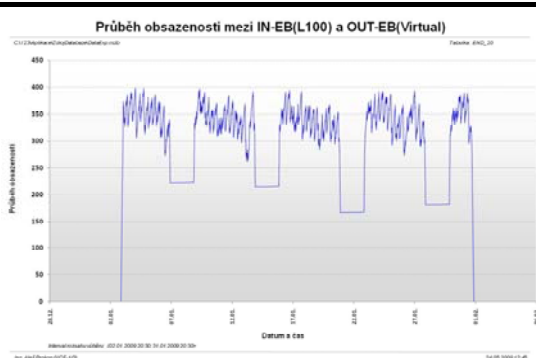
Jedním ze základních parametrů, které ovlivňují statistiky průchodu karosérií systémem je logika řízení, pomocí které se dokáže omezovat množství karosérií v jednotlivých oblastech lakovny. Dosavadní způsob logiky řízení v oblasti vyjíždění linky KTL a Sušky KTL fungoval na principu sledování sekvenčního zásobníku a na jeho odlišném zaplnění reagovala linka KTL a Sušky KTL. Nový způsob, který je použit v tomto experimentu mění uzavírání linky KTL na základě Sušky KTL, pokud je uzavřena, nebo je stav poruchy, tak se uzavírá také linka KTL. Výhoda tohoto způsobu spočívá v menších intervalech uzavírání linky KTL a tedy teoretické plynulosti průchodu karoserie systémem lakovny. Nevýhoda tohoto principu spočívá v délce linky Odkapání, na kterou se v případě zablokování Sušky KTL nevleze 6 karosérií z linky KTL. Tento stav během simulovaného intervalu jednoho měsíce nenastal.



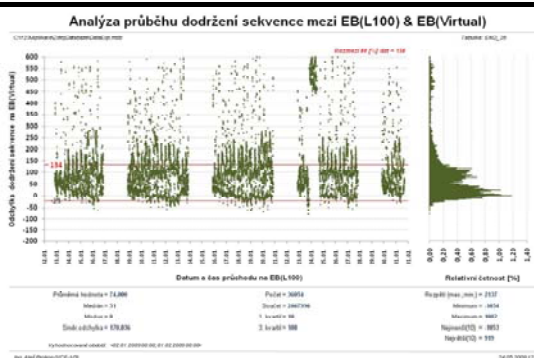
Obr.33 Exp3, četnost průchodů



Obr.34 Exp3, doba průchodu



Obr.35 Exp3, průběh obsazení



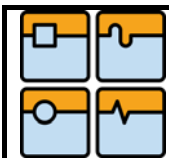
Obr.36 Exp2, dodržení sekvence

Celkový průchod tohoto systému je ve sledovaném období navýšen o 12 karoserií než u validovaného modelu lakovny. Jde tedy hovořit o úspěchu, který spočívá na daleko jednodušší logice řízení. Dodržení sekvence výroby má také lepší průběh než u validovaného modelu. Důvodem je právě méně časté blokování linky KTL a tedy menší míchání karoserií v zásobníku před linkou KTL, pomocí kterého se narušuje sekvence výroby mezipřejezdy po opětovném spuštění linky KTL nabíráním karoserií z tohoto zásobníku. Z tohoto důvodu je také menší průběh obsazenosti v systému, karoserie v zásobníku méně najíždějí a snižují tak celkovou obsazenost. Analýza doby průchodu karoserie má také významně lepší hodnotu než validovaný model lakovny.

- **Maximální propustnost systému lakovny M11A**

Na základě předchozího experimentu vychází i tato ukázka. Jedná se o stejné využití rozhodovací logiky na lince KTL a Sušky KTL rozšířené o systém tlaku. Do vstupu lakovny M11A karoserie vstupují bez jakéhokoli omezení, tedy že svařovna dodává vyšší množství karoserií než je lakovna možná pojmout. Tato metoda také vyžaduje změny parametrů výrobní linky: taktů a rychlostí dopravníků, dle zadání z řízení lakovny (tabulky č. 4). Tento experiment prověřuje vyšší produkci linky s použitím jednodušší logiky řízení, zdali nedochází k blokacím linky KTL z důvodu neúplného vyjetí do linky Odkapání z důvodu prostojů, nebo blokací na lince Sušky KTL a zároveň vyšší propustnosti systému.

S výsledky předchozích experimentů nelze výstupní data tohoto experimentu detailně srovnávat, protože v tomto experimentu lakovna M11A pracuje na vyšších takttech. Díky vyšším výrobním taktům bylo dosaženo vysoké produkce systému se současným zkrácením doby průchodu karoserie lakovnou M11A. Obsazenost systému je celkově nižší, protože nedochází k velkému zaplňování sekvenčního zásobníku a dodržení sekvence zakázek má podobný charakter jako v předchozím experimentu, z důvodu neměnné dráhy pro pohyb karoserií. Po dobu simulace nenastala blokáce linky VBH, KTL, Sušky KTL.

**SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ**

Na základě analýz výrobního procesu v lakovně M11A Mladá Boleslav byl vytvořen simulační model lakovny. Pomocí tohoto modelu byly prováděny experimenty, pomocí kterých byly sledovány hodnoty četnosti průchodů, doby průchodu, obsazenosti systému a dodržení sekvence výroby. Výsledky daných experimentů jsou zobrazeny v následující tabulce a lepší dosažené hodnoty jsou v tabulce zvýrazněny.

		Maximální délka dráhy pohybu karoserie	Paralelní linky Předsušky	Odlišná logika řízení v oblasti linky KTL a Sušek KTL
Analýza doby průchodu karoserie	Průměrná hodnota	6:31	6:53	<u>5:46</u>
	Medián	5:18	5:10	4:29
Analýza četnosti průchodů	Průměrná hodnota	1714	1721	<u>1731</u>
	Směr. odchylka	43,93	36,91	30,46
Analýza průběhu dodržení sekvence	Průměrná hodnota	51	<u>41</u>	74
	Medián	48	10	51
Obsazenost systému lakovny		375	<u>400</u>	350

Tab.

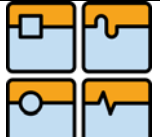
Problémové místo lakovny M11A je oblast linky KTL až po Sušky KTL. V těchto místech lakovny není dostatek volných pozic pro bezpečné vyjetí všech karosérií z linky KTL v případě blokace Sušky KTL. Tento problém byl vyřešen logikou řízení v programu SimPro a následně byly provedeny experimenty pomocí tohoto nastavení. Jako první experiment bylo sledování průběhu karoserie systémem v případě FIFO (First In First Out). Výsledky tohoto experimentu jsou zobrazeny v tabulce v druhém sloupci.

Druhý experiment se zabýval problematickým místem rozdělování karosérií před linkou Předsušky a jeho vliv na dodržování sekvence ve výrobě. Tento prvek v systému má značný podíl na dodržení dané sekvence z důvodu striktního přesunu karoserie A5 na daný druh linky.

Třetí experiment se zabývá odlišnou logikou řízení v problémových místech s cílem dosažení vyšší propustnosti systému z důvodu občasné blokace linky KTL kvůli vysokému zaplnění sekvenčního zásobníku.

Analýza doby průchodu karoserie je uvedena v hodinách, analýza četnosti průchodů je uvedena v počtu karosérií [ks] za jednotku času, obsazenost systému lakovny je uvedena také v počtu karosérií [ks] za jednotku času.

Z výsledků je zřejmé, že jako výrazně lepší experimentu dopadla metoda s odlišnou logikou řízení v oblasti linky KTL a Sušek KTL.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 51
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

I přes teoretické riziko použití tohoto způsobu nenastávají v oblastech linky KTL žádné bloky a lepších simulačních výsledků lze dosáhnout i za použití jednodušší logiky. Potenciální riziko vzniká při dlouhodobé blokadě Sušek KTL, protože v tomto případě nejsou schopny bezpečně vyjet všechny karoserie z linky KTL. Počet karosérií, které po dlouhodobé blokadě Sušek KTL zůstávají na lince KTL, závisí také na modelovém mixu vstupujících karosérií do lakovny M11A. Díky tomuto v lince KTL zůstává 2 až 6 karosérií (v případě umělé blokadě Sušek KTL). Jako jedním z doporučení této práce je prodloužení linky Odkapání o 6 pozic, čímž dokážeme zachytit všechny stavy lakovny a vždy bezpečně transportovat všechny karoserie z linky KTL.

Další potenciální možnosti, jak zlepšit dodržení sekvence karosérií ve výrobě, je dodatečná úprava sekvence karosérií v sekvenčním zásobníku přidáním mezi přejezdy mezi danými linkami. Další možností je využití optimalizačních metod, které jsou součástí software pracujících s diskrétní simulací.

K výsledkům experimentů je nutné také přihlédnout k míře rozdílů validovaného modelu s reálnou lakovnou M11A Mladá Boleslav.

ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo ověření dosažitelnosti denní produkce lakovny M11A ve Škoda Auto a.s. při různých vstupních parametrech simulovaného modelu.

Teoretická část práce vysvětluje problematiku logistiky, materiálového toku a konceptů pro řízení výroby. Pozornost je ale také věnována problematice počítačové simulace, ze které vychází navrhovaný přístup řešení.

Vzhledem ke složitosti výrobního procesu lakovny M11A a M11B se praktická část práce rozděluje na dvě jednotlivé části.

V první části se práce soustředí na analýzu a zmapování současného stavu materiálového toku v lakovně M11A a M11B ve Škoda Auto a.s. a na základě těchto informací zpracování ucelené dokumentace o procesech a dopravníkové technice. Již tato část práce má přínosy nejen pro oddělení Koncepce závodu a řízení (VCE1) ve Škoda Auto a.s., která se věnuje diskrétním simulacím, ale vytvořené podklady sloužily také pro tvorbu simulačního modelu a mohou sloužit pro budoucí projekty při optimalizaci materiálového toku v lakovně M11A, nebo M11B.


Na základě vytvořených podkladů v předchozí části je pozornost věnována části lakovny a to lakovně M11A, na které je pomocí software SimPro, který slouží pro diskrétní simulace vytvořen simulační model lakovny. Po validování simulačního modelu jsou provedeny experimenty na základě zadání diplomové práce, tedy analýzy doby průchodu, četnosti průchodů, dodržení sekvence a obsazenost systému lakovny M11A.

Závěrem této práce je shrnutí experimentů této práce a daná doporučení pro daná řešení.

Výhodou vytvořeného simulačního modelu je jeho variabilita a parametrizace jeho jednotlivých proměnných přes prostředí MS Excel (např. takty, směnové režimy, rychlosti linek, apod.). Pomocí takto vytvořeného modelu lakovny M11A je tedy možné ověřovat budoucí plánované koncepty výroby a ověřit jejich nasazení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DUŠÁKOVÁ, MANLIG. *Podpora rozvrhování výroby pomocí počítačové simulace* [online]. 2008 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.kvs.tul.cz/cz/aktivita/centrum_simulace/materialy/pocitacova%20simulace%20rozvrhovani%20vyroby/08_usti_ictki.pdf>. ISBN 978-80-7004-969-1.
- [2] ŠTOČEK, Jiří. *Optimalizace materiálového toku ve vybraném závodě*. 2004. 114 s. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dizertační práce.
- [3] *Škoda Auto* [online]. 2009 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0koda_Auto>.
- [4] *Volkswagen Group* [online]. 2008 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Group>.
- [5] Interní materiály Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav (CZ): 2009.
- [6] KLIMEŠ, Roman. *Aplikace diskrétní simulace pro potřeby koncepčního plánování v hromadné výrobě automobilů*. 2008. 116 s. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Diplomová práce.
- [7] UTTENDORFSKÝ, Jan. *Řešení mezizávodové přepravy ve firmě Škoda Auto*. 2006. 67 s. VUT v Brně, Fakulta podnikatelská. Diplomová práce.
- [8] SLÍVA, Aleš. *Základy logistiky* [online]. 2006 [cit. 2008-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.342.vsb.cz/sliva/zl/Zaklady%20logistiky_1.pdf>.
- [9] *Materiálový tok bez plýtvání* [online]. 2008 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <<http://e-api.cz/page/69249.materialovy-tok-bez-plytvani/>>.
- [10] VALENCÍK, Štefan. *Logistika v riešení techniky materiálového toku* [online]. 2005 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.atpjournals.sk/casopisy/atp_05/pdf/online12.pdf>.
- [11] *Logistická distribuce* [online]. 2006 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=83&idkapitola=106>.
- [12] Štoček, J. – Špička, J.: *Možnosti modelování v software AweSim. Zdvihací zařízení v teorii a praxi*, VUT Brno 1999, s. 175-180, ISBN 80-214-1329-8.
- [13] *Řízení zásob, logistika* [online]. 2006 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <<https://skripta.ft.tul.cz/akreditace/data/2005-12-09/12-12-45.pdf>>.
- [14] PROKOP, A. *Optimalizace procesů výrobní linky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2008. 97 s.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 54
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [15] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 2. rozš. vyd. Praha : Grada Publishing, spol. s r.o., 2000. 408 s. ISBN 80-7169-955-1.
- [16] KAVAN, M. *Výrobní a provozní management*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 2002. 424 s. ISBN 80-247-0199-5.
- [17] HOLOČIOVÁ, Z., TUČEK, D. *Metody řízení využívají informační systémy v praxi*. Connect!. 2003, č. 07/08, s. 43. Dostupný z WWW: <<http://www.cvis.cz/hlavni.php?stranka=novinky/clanek.php&id=28>>.
- [18] *AIMagazine : Globální ochlazování* [online]. 2008 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.aimagazine.cz/download/52-aimagazin10_2007.pdf>.
- [19] TUČEK, HOLOČIOVÁ. *Metody řízení využívají informační systémy v praxi* [online]. 2003 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.cvis.cz/hlavni.php?stranka=novinky/clanek.php&id=28>>.
- [20] ZELINKA, I. *Software pro simulaci podnikových procesů*. Automatizace. 2005, roč. 48, č. 2, s. 94. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=533Zelinka>>.
- [21] VANĚČEK, Drahoš, KALÁB, Dalibor. *Logistika* (1. díl: Úvod, řízení zásob a skladování). 1. vyd. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2003. 146 s.
- [22] Prokůpek, M. *Simulační metody jako nástroj rozhodování - modelování pomocí programu Witness* [online]. 2006. 79 s. Masarykova univerzita, Katedra podnikového hospodářství. Diplomová práce. Dostupný z WWW: <http://is.muni.cz/th/62899/esf_m/Diplomova_prace_-_Marek_Prokupek_62899.txt>.
- [23] BASL, Josef. *Podnikové informační procesy : podnik v informační společnosti*. Praha : Grada, 2002. 144 s. ISBN 80-247-0214-2.
- [24] SVOBODA. *Logistický outsourcing* [online]. 2006 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <s10.webst.fd.cvut.cz/download/Logiout.doc>.
- [25] Logistický outsourcing. *Logistika*. 2009, č. 3, s. 54. ISSN 1211-0957.
- [26] Trendy a strategie v logistice. *Logistika*. 2009, č. 3, s. 54. ISSN 1211-0957.
- [27] BURIANOVÁ, Eva. *Simulace dynamických modelů s využitím metod systémové dynamiky* [online]. 2007 [cit. 2009-05-16]. Dostupný z WWW: <http://www.ki.fpv.ukf.sk/projekty/kega_3_4029_06/iski2007/papers/Burianova.pdf>.
- [28] GLOMBÍKOVÁ, V. *Simulace procesů konfekční výroby*. [online]. 2006. Dostupný z WWW: <http://www.kod.vslib.cz/ucebni_materialy/PSI/Skripta%20PSI-5.pdf>. s. 130]

- [29] HABÁŇ, J. *Analýza českého APS/SCM trhu* [online]. 2004 , 04.12.2004 [cit. 2008-05-09]. Dostupný z WWW:
<<http://www.cvis.cz/hlavni.php?stranka=novinky/clanek.php&id=196>>.
- [30] DANĚK, J. *Využití simulačních metod pro podporu manažerského rozhodování* [online]. 1999 [cit. 2008-05-09]. Dostupný z www:
http://www.humusoft.cz/pub/witness/syst9903/sim_rp.htm
- [31] ZELINKA, I. *Software pro simulaci podnikových procesů*. Automatizace. 2005, roč. 48, č. 2, s. 94. Dostupný z www:
<<http://www.automatizace.cz/article.php?a=533Zelinka>>.
- [32] PIDD, Michael. *Computer simulation in management science*. Velká Británie : John Wiley, 1992. [ISBN 0-471-93462-3](#). (en).
- [33] Mládková, L. *Moderní přístupy k managementu: taktní znalost a jak ji řídit*. 1.vyd.Praha:C.H. Beck, 2005.195 s. ISBN 80-7179-310-8]
- [34] STERMAN, J. *Skeptikův průvodce počítačovým modelováním*. [online]. 2006 [cit. 2008-05-09]. Dostupný z WWW:
<http://www.e-profess.cz/data/art/Skeptikuv_pruvodce.pdf>.
- [35] Hrnčíř, D. *Optimalizace montážních postupů v lakovně Škoda Auto a.s.*
Diplomová práce.



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

INC	navýšení proměnné
DEC	ponížení proměnné
BEO_soll_uebernommen_werden	impuls „BEO má být převzato“
BEO_sollweitergegeben_werden	impuls „BEO má být předáno“
BEO_wurde_uebernommen	impuls „BEO bylo převzato“
BEO_wurdeweitergegeben	impuls „BEO bylo předáno“
Weitergabe_freigeben	předávání uvolněno
Weitergabe_sperren	předávání blokováno
weiterzugebendes_BEO	předané BEO
VBH „Vorbehandlung“	předprava
KTL „kathodische Tauchlackierung“	kataforéza
FAD „Feinabdichtung“	jemné utěsnění
GAD „Grobabdichtung“	hrubé utěsnění
Uebernahme_freigeben	převzetí uvolněno
Uebernahme_sperren	převzetí blokováno
uebernommenes_BEO	převzaté BEO
TRUE	pravda
OR	nebo
AND	a
UBS „Unterbodenschutz“	ochranný nátěr spodku vozidla
StatistikaDO	konec vyhodnocení statistiky
StatistikaOD	začátek vyhodnocení statistiky
SZP „Simulationszeitpunkt“	aktuální čas simulace
SK	svařená karoserie
NA „Nacharbeit“	dodatečná operace
JIT „Just In Time“	právě včas
KANBAN „KAN-BAN“	štítek, karta
EB	evidenční bod
END	konec

SEZNAM PŘÍLOH

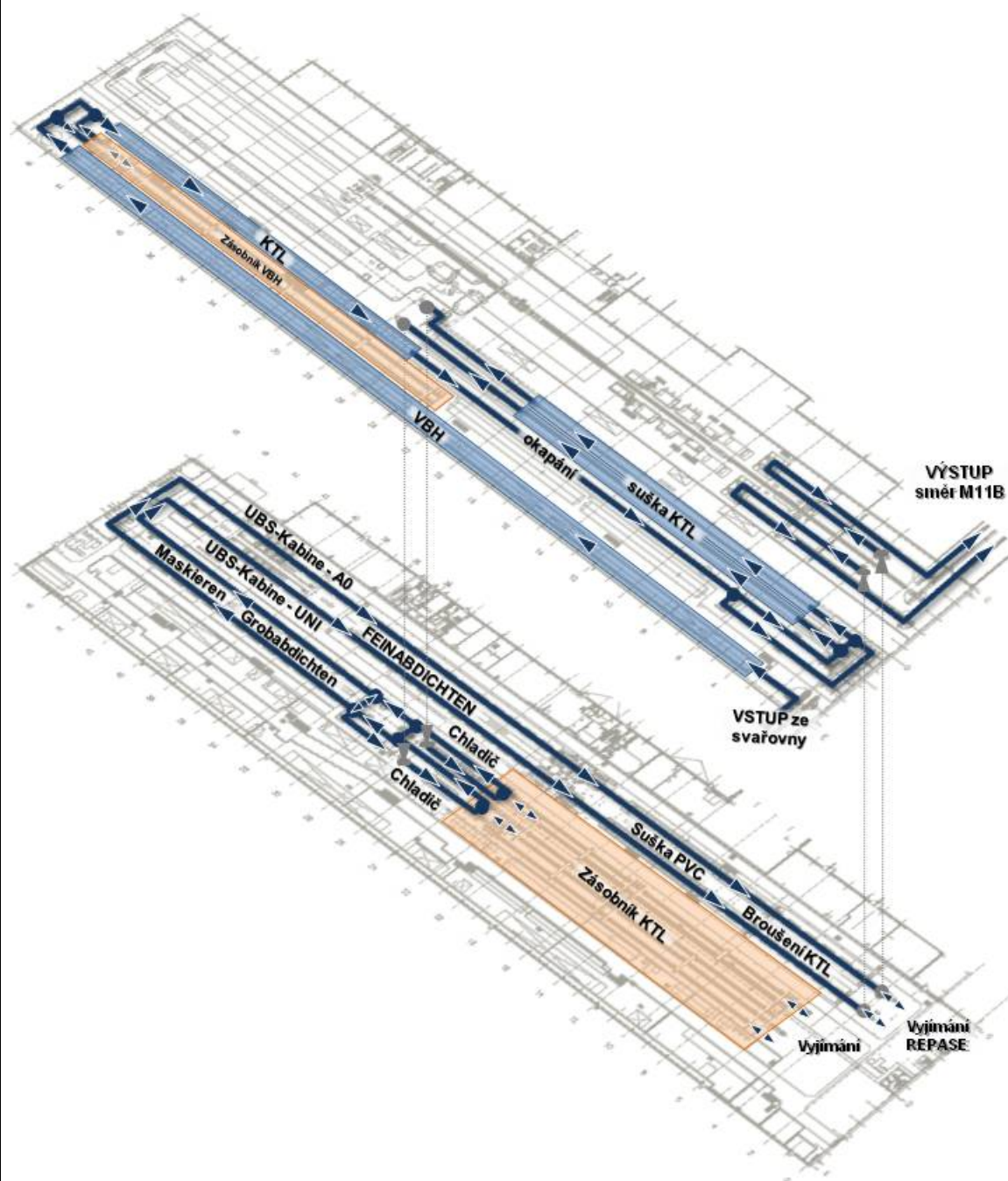
Příloha1	Prostorový pohled na lakovnu M11A Mladá Boleslav
Příloha2	Lakovna M11A, 6,9[m]
Příloha3	Lakovna M11A, 0[m]
Příloha4	Prostorový pohled na lakovnu M11B Mladá Boleslav
Příloha5	Lakovna M11B, 0[m]
Příloha6	Lakovna M11B, 5,7[m]
Příloha7	Lakovna M11B, 11,4[m]
Příloha8	Lakovna M11B, 14[m]
Příloha9	Procesní mapa Lakovny M11A
Příloha10	Procesní mapa Lakovny M11B
Příloha11	Logika řízení linky KTL
Příloha12	Vytvořený model lakovny M11A



PŘÍLOHY

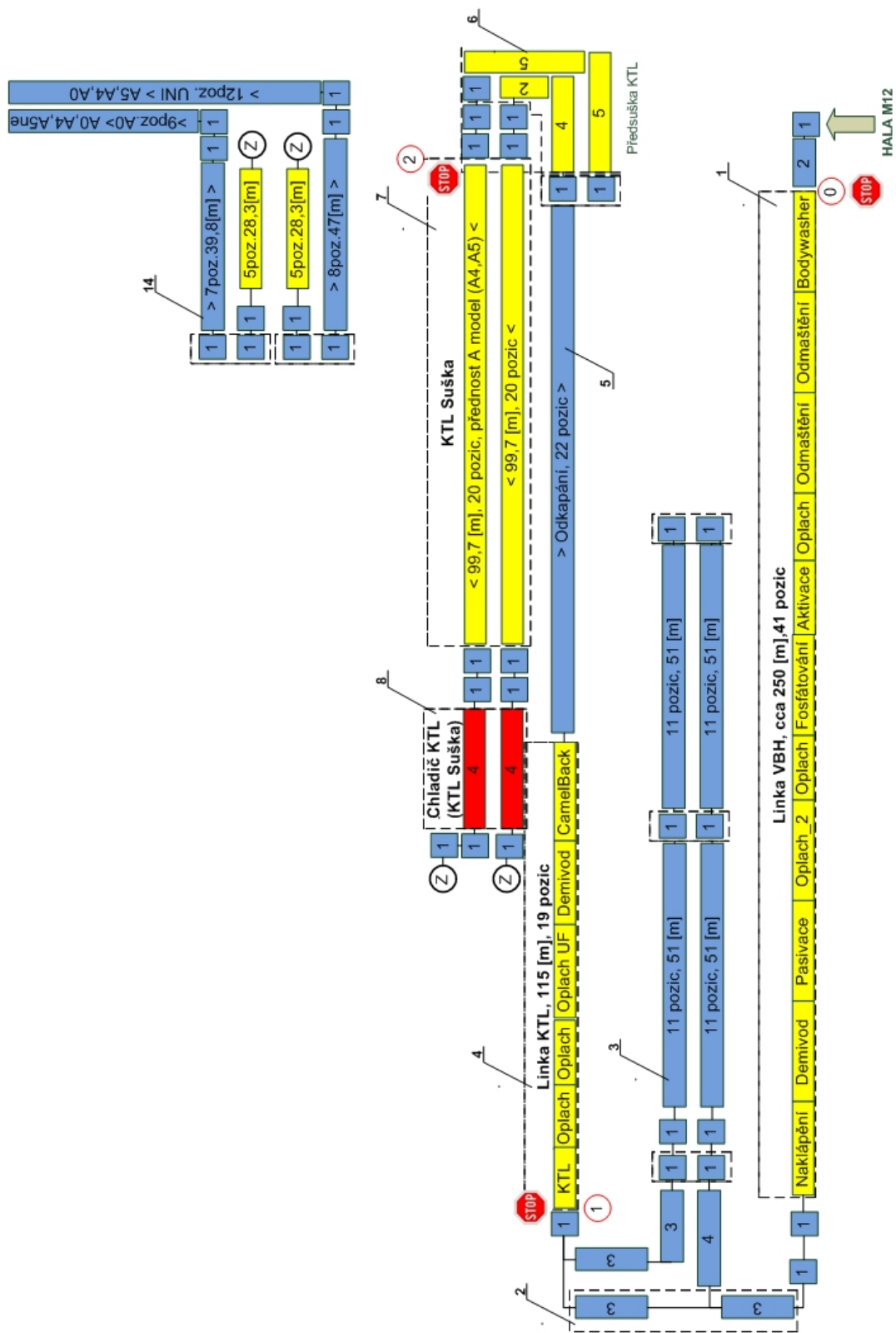
Příloha1 [5]

Lakovna M11A – Mladá Boleslav





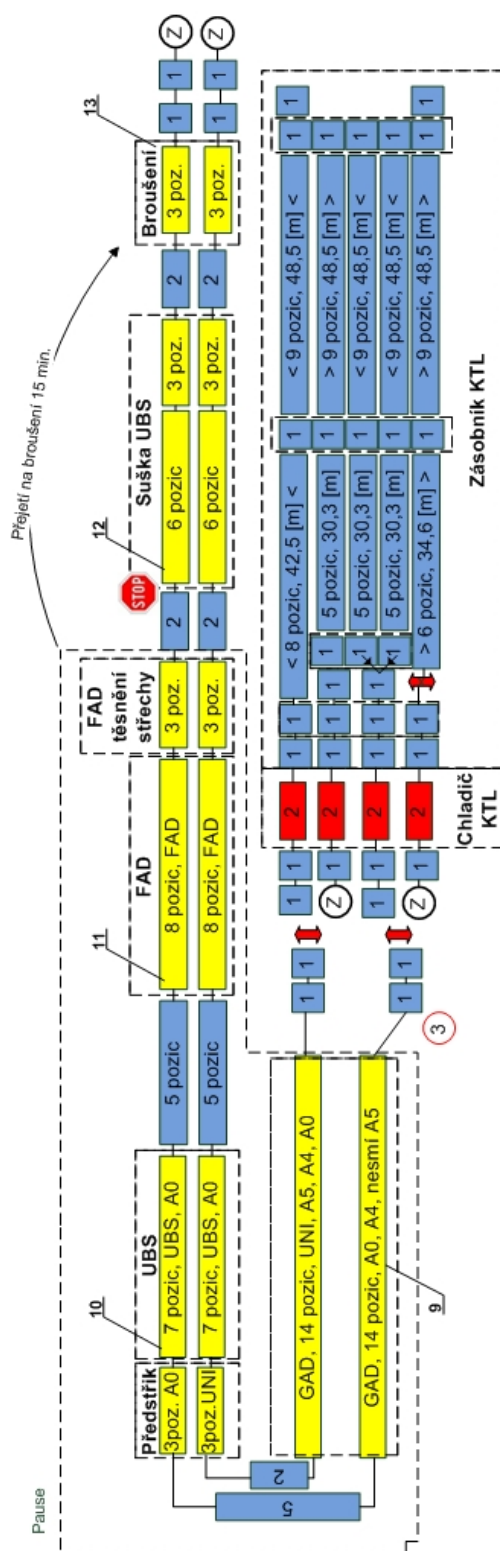
Příloha2





DIPLOMOVÁ PRÁCE

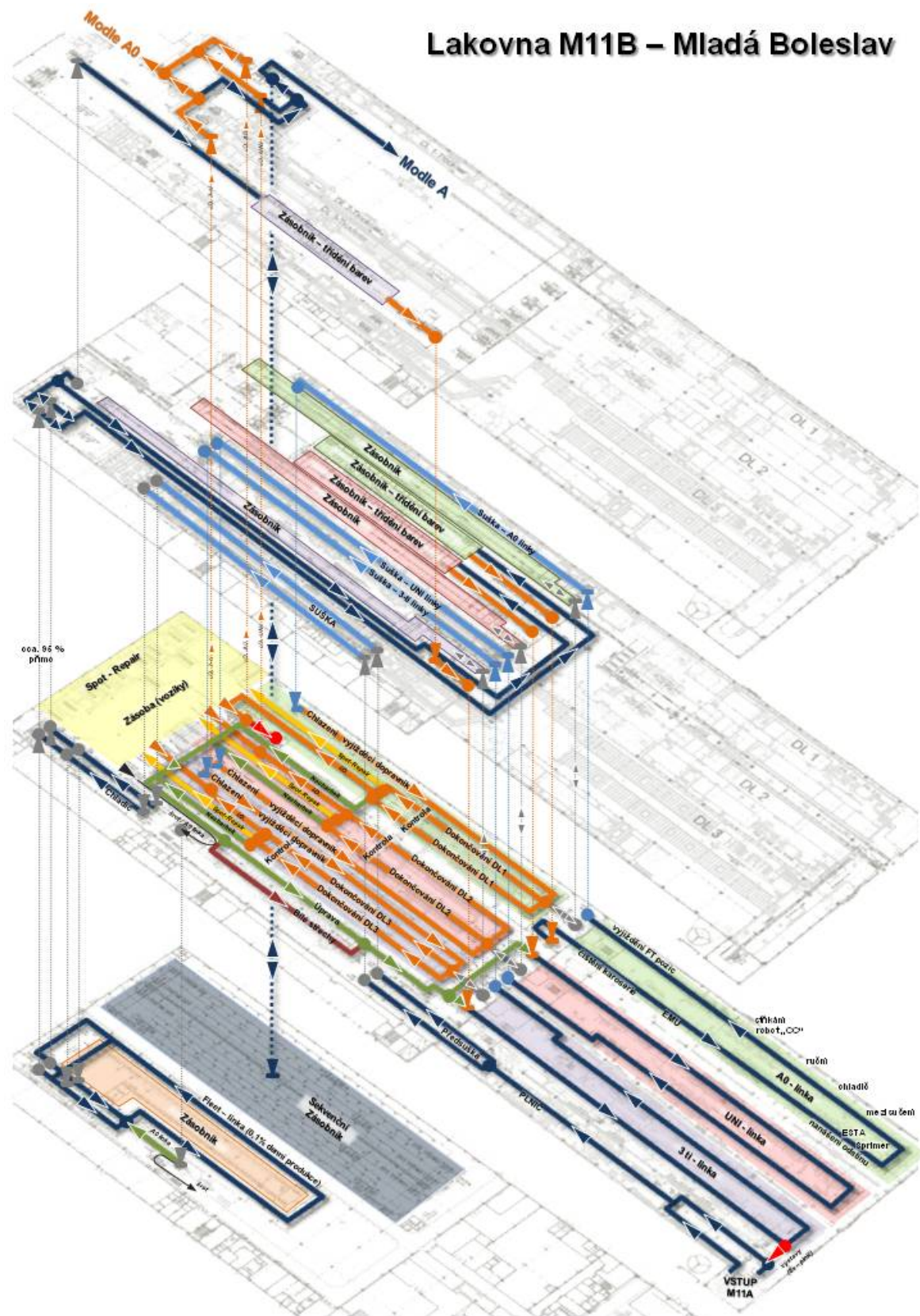
Příloha3

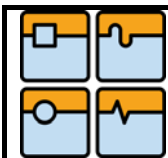


M11A, 0[m]

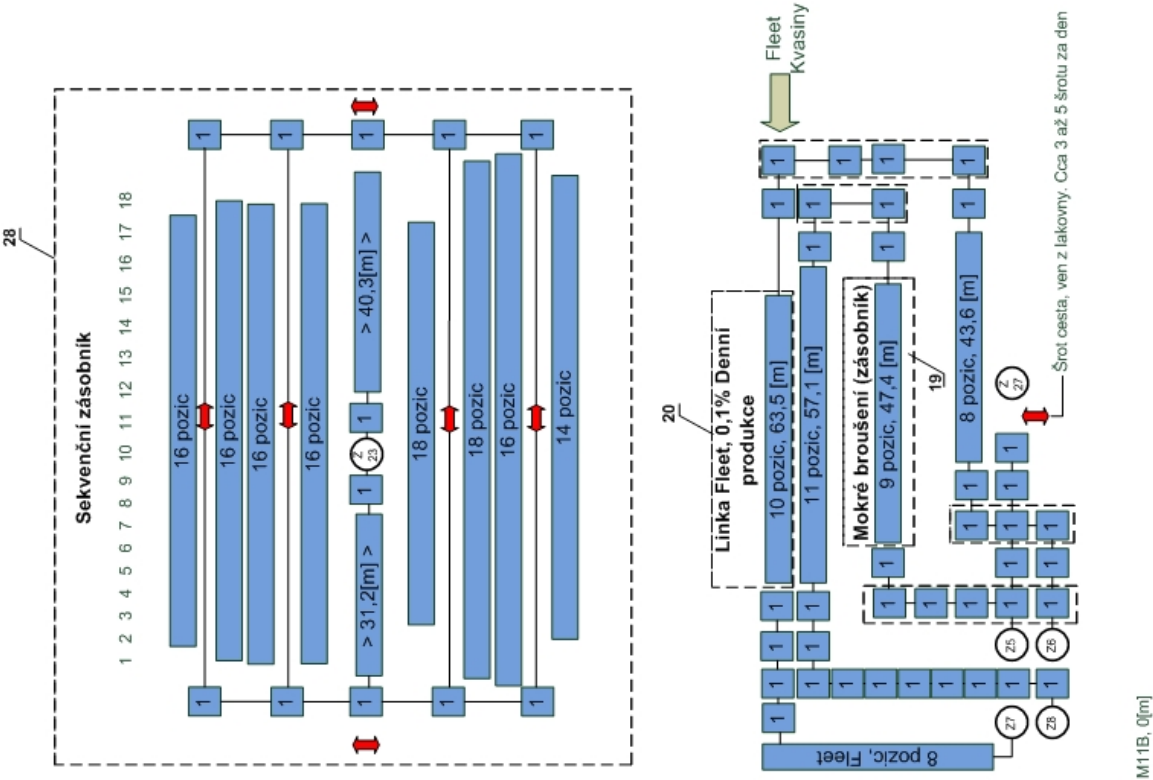


Příloha4 [5]



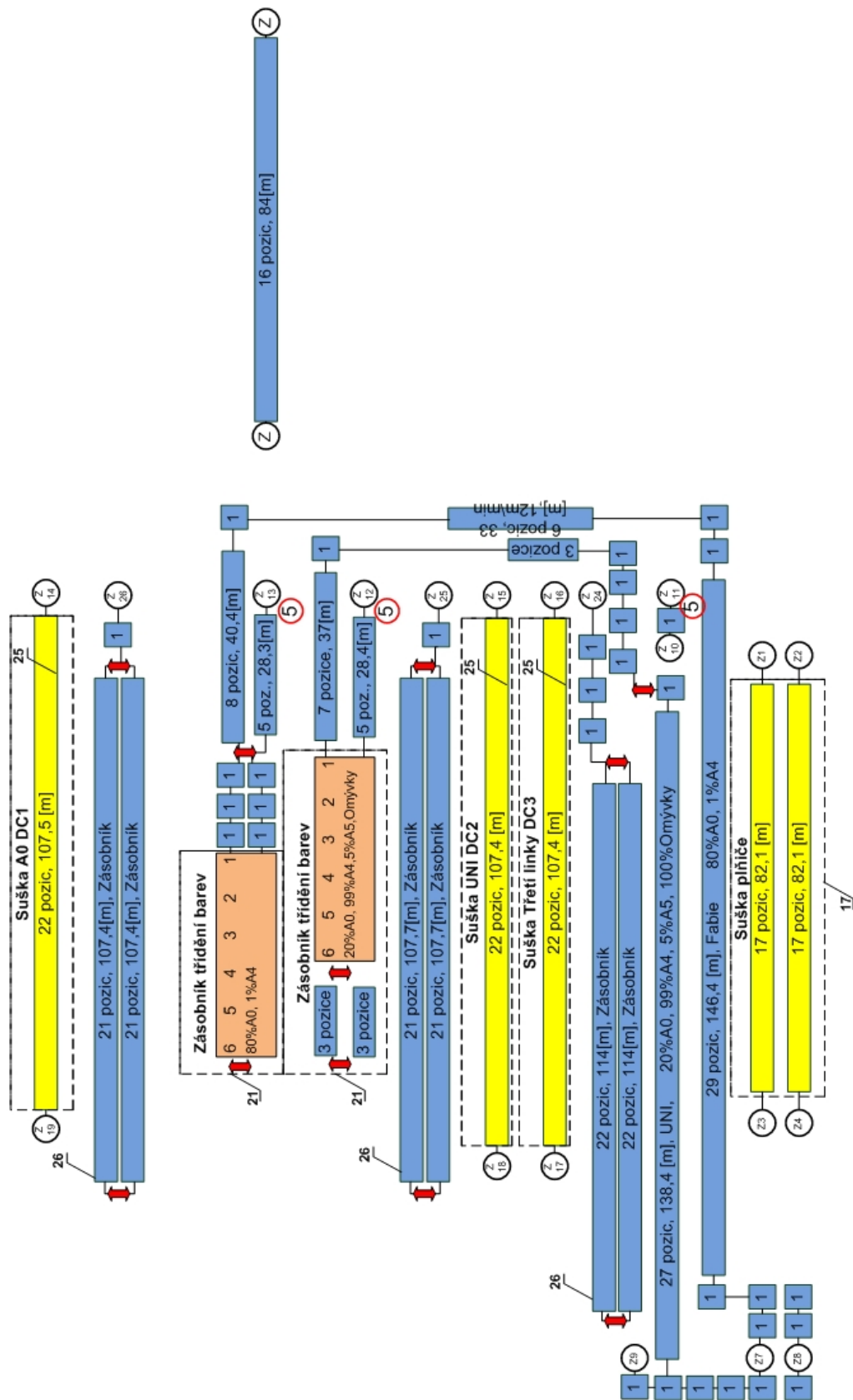


Příloha5



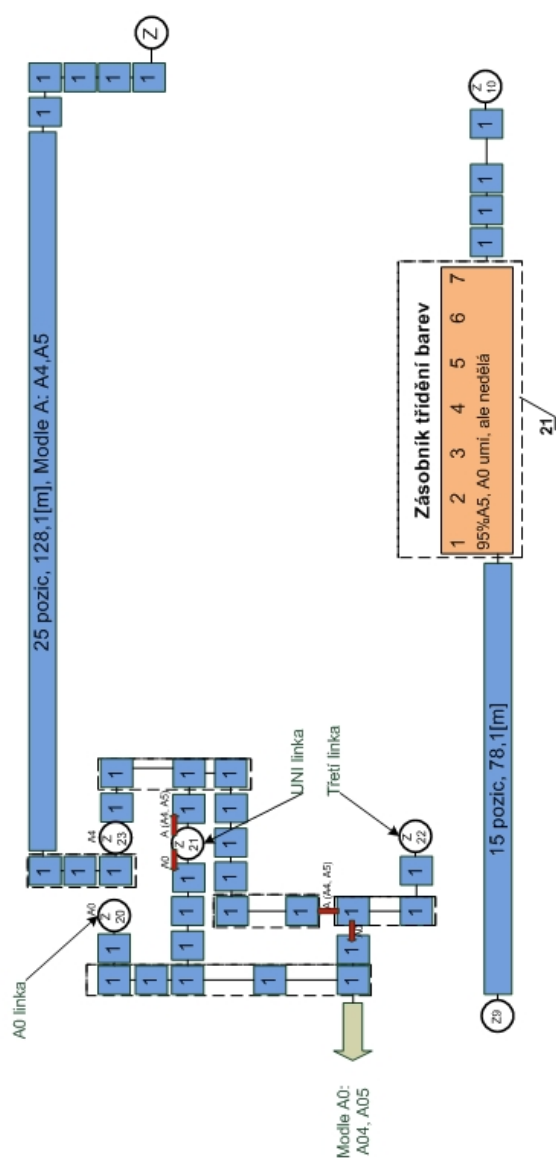


Příloha 7



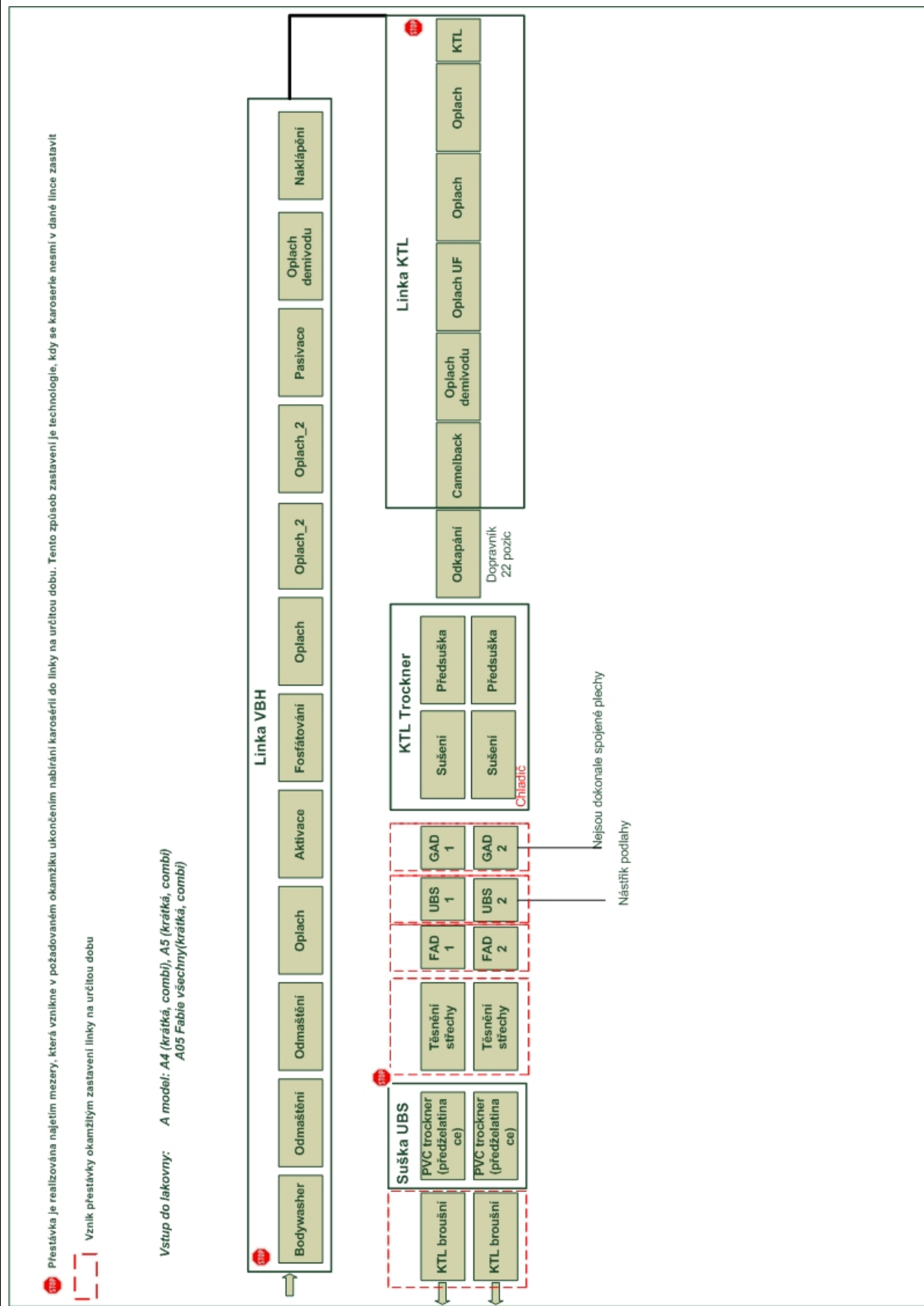


Příloha8





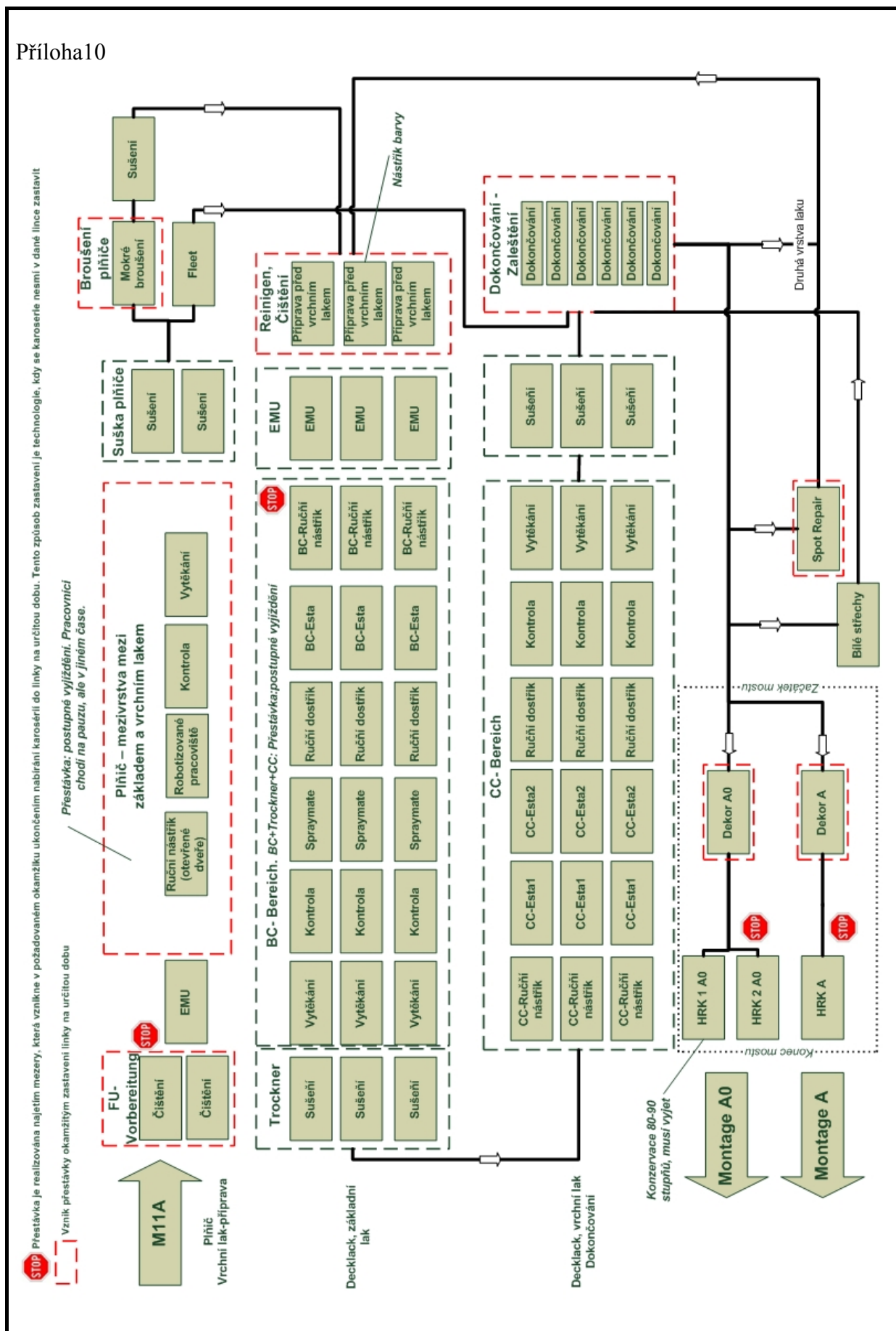
Příloha 9





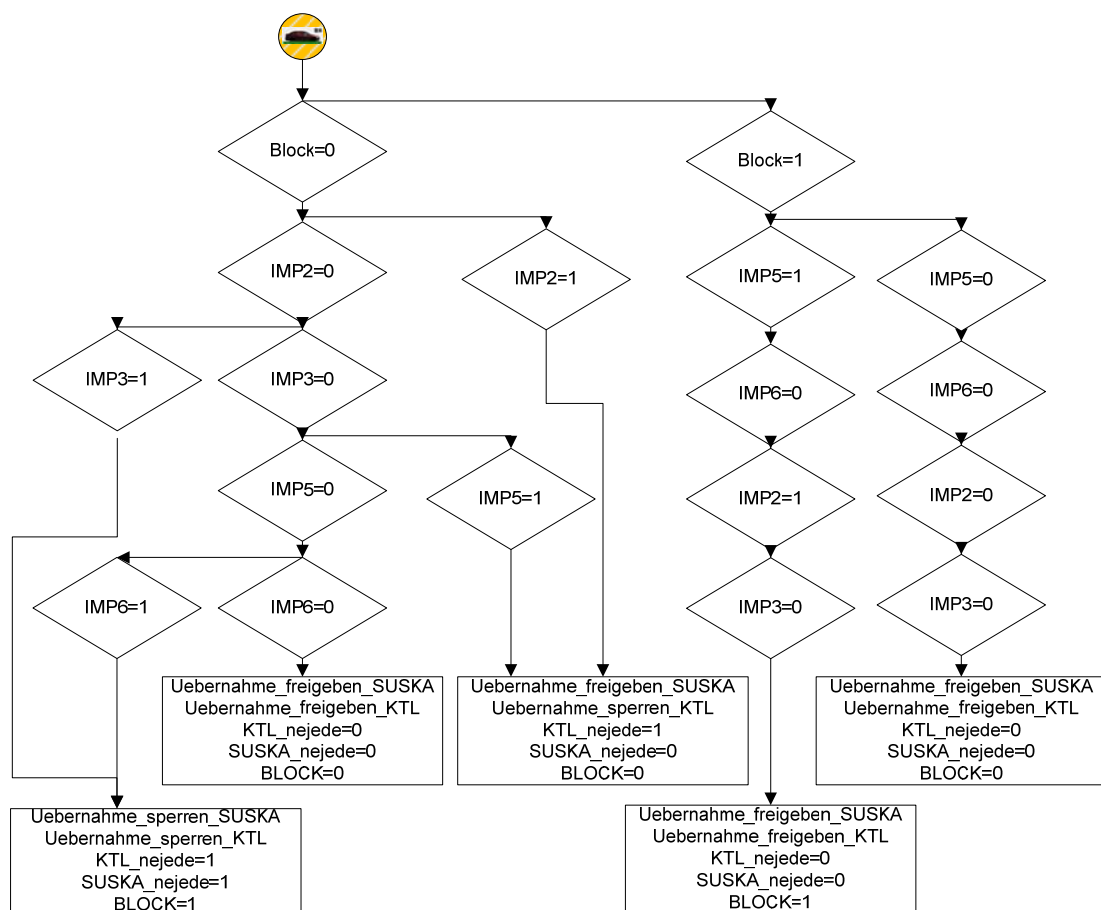
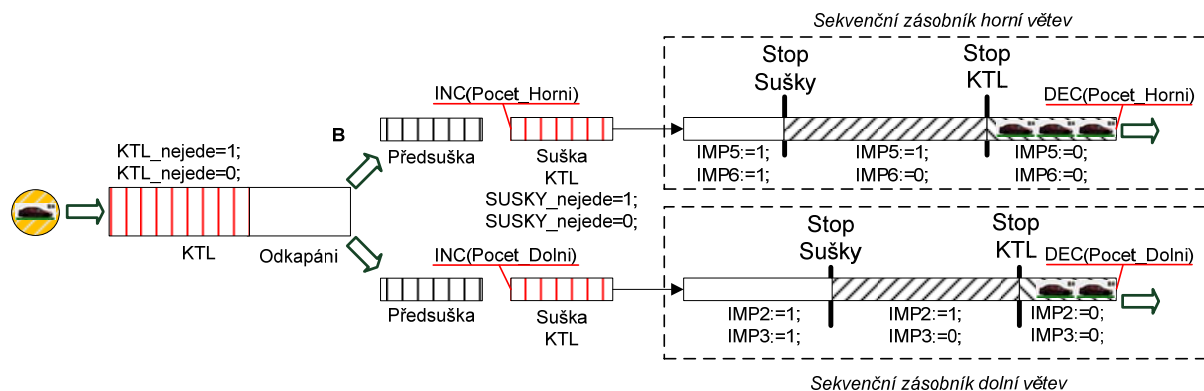
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Příloha 10



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Příloha 11





This detailed technical drawing illustrates the floor plan of a wood processing facility. The layout includes several key sections:

- KTL Suška**: A large rectangular area at the top left, likely for wood drying.
- Linka KTL, 115 [m], 19 pozic**: A long horizontal section below the drying area.
- Chladicí KTL (KTL Suška)**: A smaller section adjacent to the main link.
- Linka VBH, cca 250 [m], 41 pozic**: A central vertical section labeled as a grinding or sorting line.
- Suška UBS**: A section on the right side, possibly for further drying or storage.
- Broušení**: Grinding stations located near the UBS section.
- FAD třídění třísky**: Wood chip sorting areas.
- Předřezání**: Pre-cutting stations.
- Zásobník KTL**: A circular storage tank at the bottom right.
- Chladicí**: Cooling areas at the bottom right.

The diagram uses color coding (green, yellow, blue) and dashed lines to delineate different functional zones and material flow paths. Numerous small circles and numbers indicate specific equipment locations and connection points throughout the facility.

